

**ANÁLISIS DE LOS MÉTODOS PARA VERIFICACION DE MEDIDORES DE
LONGITUD EN MÁQUINAS PAPELERAS**

CINDY JOHANNA LEYVA ROSERO

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
SANTIAGO DE CALI
2008**

**ANÁLISIS DE LOS MÉTODOS PARA VERIFICACION DE MEDIDORES DE
LONGITUD EN MÁQUINAS PAPELERAS**

CINDY JOHANNA LEYVA ROSERO

**Pasantía optar el titulo de
Ingeniera Industrial**

**Directora
LUZ ANGELA HERRAN
Ingeniera de producción**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
SANTIAGO DE CALI
2008**

Nota de aceptación:

Aprobado por el comité de grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Universidad Autónoma de Occidente para optar al título de Publicista.

JENNY ALEXANDRA MOSQUERA
Jurado

LUZ ANGELA HERRAN
Jurado

Santiago de Cali, 17 de Julio del 2007

Hoy termina una etapa muy importante en mi vida, que sin el apoyo de mi mamá Julia, mi papá Salvador, mi esposo Ángelo, mi hija Mariana , compañeros y amigos no hubiera sido grato recorrer, son momentos que siempre llevaré en mi corazón. Hoy soy una persona integra, fuerte y agradecida con muchos deseos de iniciar nuevos caminos llenos de felicidad.

CONTENIDO

	Pág.
GLOSARIO	11
RESUMEN	15
INTRODUCCIÓN	17
1. FORMULACIÓN DE PROBLEMA	19
1.1 PLANTEAMIENTO PROBLEMA	19
1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	19
2. JUSTIFICACIÓN	20
3 OBJETIVOS	21
3.1 OBJETIVO GENERAL	21
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
4. MARCO TEORICO	22
4.1 ANALISIS DEL MARCO TEORICO	29
5. MARCO CONCEPTUAL- EMPRESA	30
6. ANTECEDENTES	41
7. MÉTODOLOGÍA	43
8. MÉTODOS DE ESTUDIO	44
8.1 SISTEMA DE CONTEO DE METROS	44

8.2 MÉTODO UNO “PESO DEL ROLLO”	44
8.3 MÉTODO DOS “BALANCE EN LA CORTADORA/ CORTADORA WILL”	45
8.4 MÉTODO TRES “REBOBINADO”	46
9. DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS	47
9.1 MÁQUINAS PLANTA 1	47
9.1.1 Proceso Winder Esmaltadora	47
9.1.2 Proceso Winder tres	50
9.1.3 Proceso Winder Esmaltadora	52
9.1.4 Proceso cortadora Jagenberg	55
10. RESULTADOS	59
10.1 WINDER ESMALTADORA	59
10.2 WINDER MÁQUINA 3	62
10.3 WINDER MÁQUINA 2	66
10.4 CORTADORA JAGUEMBERG	70
10.5 WINDER MÁQUINA 4	72
10.6 CORTADORA WILL	76
11. PROCEDIMIENTO PARA DETERMINACION DE LONGITUD POR EL MÉTODO DE PESADO EN LAS WINDER.	81
12. CONCLUSIONES	83

13. RECOMENDACIONES	85
BIBLIOGRAFÍA	86

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. El Encoder.	27
Figura 2. Estructura Encoder.	27
Figura 3. Vista interna tacometro / Encoder.	28
Figura 4. Encoder especial/ flexible.	29
Figura 5. Vista de planta 2 desde la ptar.	31
Figura 6. Aireador ptar planta 2	32
Figura 7. Cultivo de caña de azúcar.	33
Figura 8. Planta de pulpa	34
Figura 9. Embobinadora winder 2.	35
Figura 10. Caldera potencia planta 2	37
Figura 11. Proceso productivo papel.	39
Figura 12. Reel en la Winder.	47
Figura 13. Tren de cuchillas en la Winder.	47
Figura 14. Winder/ regleta medicion diametro rollo.	48
Figura 15. Rollo embobinado.	48
Figura 16. Display Medidor De Longitud	49

Figura 17. Reel winder 3.	50
Figura 18. Display medidor de longitud.	51
Figura 19. Display medidor de longitud auxiliar.	51
Figura 20. Entrada Reel Winder Máquina2.	53
Figura 21. Salida Rollos Winder Máquina 2	53
Figura 22. Rollos Winder Máquina 2.	54
Figura 23. Medidor De Longitud Máquina2	54
Figura 24. Entrada rollos a la cortadora.	55
Figura 25. Cuchillas cortadora.	56
Figura 26. Pliegos para reprocesos.	56
Figura 27. Salida pliegos.	57
Figura 28. Estibado de pliegos.	57
Figura 29. Plataformas de pliegos despacho a cliente.	58

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Datos Winder Esmaltadora	59
Tabla 2. Datos Winder 3	63
Tabla 3. Datos Winder Máquina 2.	67
Tabla 4. Datos Cortadora Jagenberg	70
Tabla 5. Datos Winder Máquina 4.	72
Tabla 6. Datos cortadora will.	76
Tabla 7. Análisis de Datos de la selección del método.	80

LISTA DE GRAFICOS

	Pág.
Gráfica 1. Comparacion longitudes winder esmaltadora.	60
Gráfica 2. Error winder esmaltadora.	60
Gráfica 3. Comparacion longitudes Winder 3.	64
Gráfica 4. Error Winder 3.	64
Gráfica 5. Comparacion longitudes Winder 2.	68
Gráfica 6. Error winder 2.	68
Gráfica 7. Comparacion longitud en la cortadora.	71
Gráfica 8. Error en la cortadora.	71
Gráfica 9. Comparacion longitu Winder máquina 4.	74
Gráfica 10. Error Winder máquina 4.	74
Gráfica 11. Comparacion longitud cortadora will.	77
Gráfica 12. Error cortadora will.	78
Gráfica 13. Justificación de selección del método.	78

GLOSARIO

CALIBRE: espesor del papel, generalmente se expresa en micras.

COLA: parte final del papel embobinado en el rollo (próximo al core, que debido a que el diámetro al cual queda embobinado es muy pequeño y causaría dificultades en el proceso de transformación.

CORE: tubo de cartón donde se embobina el rollo, los cuales vienen en diferentes pulgadas.

CORTADORA JAGENBERG: máquina encargada de transformar los rollos de papel en pliegos entre 50-100 cm de ancho a través del corte.

CORTADORA WILL: máquina encargada de transformar los rollos de papel en resmas de papel tamaño carta, oficio y d4.

ENCODER: dispositivo para conteo de metraje.

ETIQUETA: es la identificación del rollo que contiene los datos de información de peso, longitud, número de rollo, cliente, fecha de creación, gramaje, ancho, diámetro).

GTC: guía técnica colombiana.

LONGITUD ETIQUETA: variable que representa el valor de la longitud impresa en la etiqueta.

LONGITUD MÁQUINA: variable que representa la lectura del medidor de longitud de las respectivas winder.

LONGITUD REAL: longitud que representa el valor determinado aplicando los métodos experimentales.

MEDIDOR DE LONGITUD: equipo encargado de mostrar los metros de papel recorridos (longitud) en la formación de rollos.

METROLOGIA CIENTIFICA: es la ejercida por los entes gubernamentales de investigación, por ejemplo: la superintendencia de industria y comercio, PTB de Alemania, CENAM de México, JIS de Japón.

METROLOGIA INDUSTRIAL: ejercida por las empresas para el control de sus procesos.

METROLOGIA: Ciencia que estudia las mediciones.

NTC: norma técnica colombiana emitida por el ICONTEC.

PESO BASICO: unidad de medida en donde se indica los gramos que pesa 1m^2 de papel, cuya unidad de medida g/m^2 .

PESO CON INCREMENTO: técnica que consiste en colocar incrementos de pesos conocidos (menores a la división de escala del equipo) sobre el objeto a pesar.

REEL: rollo padre de papel, donde de el salen varios set para la conversión de rollos.

REFILE: corte necesario que se le va haciendo a medida de la formación de los rollos a los lados de la hoja, para pulir los bordes de los rollos.

PTAR: planta de tratamiento de aguas residuales.

REWINDER: máquina embobinadora de rollos, que trabaja a menor velocidad que la winder y se utiliza para corregir rollos con cortes imperfectos que salen de la winder.

ROBUSTES: es la propiedad que tiene un método para amortiguar el efecto en la variación de propiedades y factores durante la ejecución.

SABANAS: capas de papel que se retiran debido a deterioro durante la manipulación del rollo.

SIIP: sistema integrado de información PROPAL, plataforma optivision software "Honeywell".

TACOMETRO: equipo para medición de longitud fundamentado en la velocidad angular de una rueda que entra en contacto con la superficie a medir.

TEMPLATE: dispositivo de medición longitudinal, en acero inoxidable con área de 0.05 m^2 que se utiliza para cortar las muestras en la determinación de peso básico.

TRAZABILIDAD: es el conjunto de registros de información que permiten reconstruir la historia de un evento.

WINDER: máquinas encargadas de transformar por medio del embobinado el Reel de papel en rollos.

RESUMEN

En repetidas ocasiones se han recibido reclamos de los clientes en los cuales se solicitan que la compañía PROPAL facture el papel con base en la longitud del mismo, esto debido a que en la forma tradicional (facturación por kilogramo), se ve afectado el rendimiento en el proceso (cuando el papel tiene peso básico alto la cantidad de metros por tonelada de papel es menor).

Desde hace dos años se instalaron los medidores de longitud para el papel de las máquinas winder, esta variable se reportaba en la etiqueta del rollo, se comenzó a recibir reclamos de varios clientes ellos argumentaban que los rendimientos en sus procesos no era coherente con la longitud reportada del rollo, por ello se vio la necesidad de realizar el aseguramiento metrologico de estos equipos, se busco una empresa que prestara estos servicios(se realizó visita de la supe intendencia de industria y comercio para ensayar si el método que ellos aplican era viable, otras empresas también realizaron ensayos), pero no fue posible.

A nivel interno se propusieron tres métodos:

- Peso en la winder
- Balance cortadora
- Método de la re-winder.

El método de peso en la winder se evaluó para papeles en las máquinas (winder dos, winder tres, winder esmaltadora de planta uno y winder cuatro en planta dos).

El método balance cortadora se lleva a cabo en la cortadora Jagenberg (planta una) y cortadora Will (planta dos).

Para el método de la rewinder se hizo el análisis preliminar en la rewinder en planta dos, por motivos de seguridad y alta variabilidad en los resultados (errores de contacto entre el tacómetro y el papel) no se realizó el seguimiento.

Después se realizó seguimiento y evaluación de los tres métodos en el proceso por un tiempo de cinco meses.

Se observaron las principales variables que afectan cada método su impacto sobre la medición, se hacen las observaciones particulares de cada proceso, se ingresa la información en las hojas de cálculo, se hacen las graficas del caso y se compara de manera cualitativa y cuantitativa los métodos.

El método que presenta mayor confiabilidad fue el del (peso en la winder), se hace presentación a la alta gerencia, luego con su aprobación, se hace el procedimiento y el entrenamiento a los operadores de cada máquina.

INTRODUCCIÓN

La empresa productora de papeles PROPAL S.A. Cuenta con dos plantas, ubicadas una en Yumbo Valle (planta uno) y la otra en Caloto Cauca (planta dos). En planta se cuenta con tres máquinas para producción de papeles corrientes y base para esmaltados y la máquina esmaltadora, en planta dos se encuentran instalada una sola máquina dedicada a la producción de papeles de impresión y escritura.

Realiza un proceso de fabricación contando con una alta gama de tecnología para lo obtención de un producto de calidad y alto rendimiento para la satisfacción de sus clientes enmarcado dentro del sistema de gestión de calidad con base en la norma ISO 9001, la orientación al cliente como objetivo estratégico y la del día a día como modelo dentro del mejoramiento continuo de sus procesos. En PROPAL en los últimos 5 años se han realizados cuantiosas inversiones en la modernización de sus procesos para afrontar la competencia extranjera, es así como se han modernizado:

Las máquinas, en el 2001 se invirtieron 150.000 millones de pesos en la máquina esmaltadora (la mas moderna de Latinoamérica), en el 2003 se hizo la reconstrucción de las máquinas 1 y 3 con una inversión cercana a los 90.000 millones de pesos, en el 2006 se hizo la reconstrucción de la máquina 4 (planta 2) una inversión alrededor de 120.000 millones de pesos. En planta de pulpas en el 2003 se hicieron inversiones en la planta 1 cerca de 15.000 millones de pesos. En calderas en este año se están haciendo inversiones de 120.000 millones de pesos en la instalación de una nueva caldera de potencia.

En los sistemas operativos e informáticos en el 2002 se invirtieron 30.000 millones de pesos en la implantación de la plataforma informática SAP con sus módulos de calidad, abastecimiento, mantenimiento, financiero, costos, gestión humana y nomina. En el 2006 se invirtieron 25.000 millones de pesos en la segunda fase de los sistemas informáticos bajo la aplicación de ORACLE, los módulos establecidos fueron la planeación de la producción, gestión comercial, producción y calidad.

Las metodologías de gestión, se han contratado personas expertas en diferentes áreas, asesores todo ello en busca de satisfacer a los clientes.

Este documento, plantea el estudio de varios métodos que permitan garantizar la confiabilidad de las mediciones de longitud realizadas en las máquinas Winder de PROPAL S.A y que es enviada a los clientes en las etiquetas de identificación de los diferentes productos en rollos.

Hasta el año 2005 en PROPAL S.A. las unidades de inventario tales como los reeles y rollos se creaban en el sistema integrado de información (SIIP) con base en diámetro, actualmente los rollos se venden bajo el parámetro peso (Ton – kilos) y en el futuro se proyectan venderlos con base longitud (metros), esto atendiendo solicitud de los clientes que argumentan que de la forma tradicional se ve afectado negativamente su rendimiento. Esto ha generado un cambio importante en los procedimientos operativos para la creación de las unidades de inventario en el SIIP. Los medidores de longitud en línea los cuales son los encargados de registrar en el display de cada máquina la longitud en metros embobinados de cada reel o set de rollos fabricados son parte fundamental y por ellos se han incluido en el plan de metrología.

Para garantizar la confiabilidad de estos equipos se realizara un seguimiento a datos primarios obtenidos en el proceso de transformación de bobinas a rollos – rollos a pliegos, comparando con los métodos planteados en este estudio. De los tres métodos establecidos, se realizó un estudio para la seleccionar el más adecuado y de esta manera garantizar la confiabilidad de la medición de la longitud en los rollos de papel; por consiguiente con la obtención de los datos se hará un estudio estadístico de las características que influyen en el proceso de medición de longitud tomando los diferentes gramajes del papel.

1. FORMULACIÓN DE PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO PROBLEMA

No se cuenta con un método confiable para realizar la verificación metrológica de los medidores de longitud y así poder registrar este valor en la etiqueta de identificación del rollo que le llega al cliente.

1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En los últimos años los clientes están solicitando persistentemente a la empresa que se venda el papel en metros, esto debido a que su rendimiento está fundamentado en esta unidad y no en Kilos, así mismo debido a que el peso básico del papel (g/m^2) es una variable que afecta el rendimiento en sentido contrario, es decir si la empresa le suministra un papel de mayor gramaje (así este se encuentre dentro de la especificación de calidad) la cantidad de metros de papel es inferior.

En el proceso de (transformación de bobinas a rollos) se encuentran instalados los equipos para medición de longitud del papel. Se ha encontrado variabilidad en el valor reportado de la longitud de los rollos tanto en las máquinas winder, el dato registrado en el sistema de información y el originado en la etiqueta. Esta variación de rendimientos de cada una de las unidades de producción en sus diferentes grados de papel.

Los equipos instalados tienen procedimientos propios para su calibración fundamentados en la medición de los ciclos con base en pulsos, estos procedimientos son desarrollados por personal experto del área de mantenimiento, sin embargo se encuentran diferencias en las longitudes de los procesos internos, esto ha planteado la necesidad de establecer métodos alternos e indirectos para comprobar dichas mediciones.

2. JUSTIFICACIÓN

Este trabajo se hace con el fin de establecer el método mas adecuado para garantizar la calidad en la determinación de longitud en los rollos de producto terminado de la empresa (rollos de papel – resmas de papel), así generar confianza en la información comunicada al cliente a partir de la etiqueta y certificados de calidad que lleguen al cliente, previniendo reclamos por diferencias entre los rendimientos esperados con el producto y los calculados a partir de los datos de longitud de la etiqueta.

Generar los certificados de calidad por rollo, es decir con base en la longitud embobinada, se hace la trazabilidad al reel y se toma la información de calidad (de los sensores en línea ABB) para la longitud especificada para el rollo.

Se desea disminuir los reclamos de los clientes por bajo rendimiento en sus procesos, lograr mejorar la satisfacción de ellos para incrementar el mercado nacional que es el más rentable para PROPAL.

Logrará realizar balances de procesos internos de una manera más confiable y disminuir las pérdidas reales.

Determinar con mayor exactitud los costos del producto, esto es a partir del establecimiento de balance basado en mediciones de mayor exactitud.

Disminución de residuos en el proceso para una reducción de costos en la producción de papel. Esto se logra al generar órdenes de producción de acuerdo a la programación.

Generar un procedimiento escrito para la verificación de los medidores de longitud que permita de una forma estandarizada, practica y ágil establecer si estos equipos están midiendo bien o no, tener este procedimiento como herramienta para entrenamiento.

Beneficio social referente a la capacidad laboral.

Producto para exportación lo cual cuenta para una mejor economía del país.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Establecer un método documentado para realizar la evaluación metrológica de los medidores de longitud en los rollos de papel. Esto permite tener una alta confiabilidad en los resultados de la longitud de los rollos que se registrada en su etiqueta de identificación, minimizando la probabilidad de reclamos de los clientes en este aspecto.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir y analizar los tres métodos en el sistema operativo de la línea de los rollos de papel para calibrar los medidores de longitud, realizando seguimiento en los diferentes turnos, diferentes grados de papel, controlando las variables que afectan directamente su confiabilidad, registrando la información en las hojas de calculo y realizar observaciones particulares durante el seguimiento.
- Analizar y diferenciar las posibles fallas en cada máquina de la línea por donde pasan los rollos antes de salir a (bodegaje – conversión).
- Identificar mediante el seguimiento en el proceso y verificación de resultados el método más exacto para la evaluación metrológica de los medidores de longitud en línea, la herramienta estadística a utilizar es el análisis de variabilidad y determinación de la robustez de cada uno de los métodos con base en la facilidad de controlar las variables que afectan el método.
- Documentar y estandarizar el método más adecuado para realizar la verificación de los equipos de medición de longitud en línea, incluyendo este procedimiento en el control documental de la organización de la empresa para que sea la herramienta oficial de entrenamiento de los operarios que desarrollan esta tarea.

4. MARCO TEORICO

En los últimos años se ha considerado fundamental garantizar la calidad de las mediciones para lograr emitir resultados confiables a los clientes, es así como en la familia de normas ISO 9000, se han integrado los esfuerzos en garantizar que los equipos, el personal, los registros y demás actividades que puedan afectar los resultados estén controlados, de igual manera en familia de normas ISO 14000 se hace énfasis en esto mismo, en la familia de OSHAS 18000 se plantea la necesidad de controlar los equipos y actividades de monitoreo de condiciones que puedan afectar a los trabajadores, el comité técnico de ISO también impulsa la aplicación de las normas 10012 sobre sistemas de gestión de calidad en las mediciones, esto y otra gran cantidad de factores han promovido que día a día la Metrología tome un papel importante en la calidad de los productos.

Desafortunadamente este concepto de Metrología no fue aplicado correctamente en un principio y se constituyó en una implementación muy compleja y costosa para las empresas, afortunadamente a finales del siglo anterior se cambio el concepto y se entendió que la metrología depende de cada proceso y empresa y que no por tener los equipos de la mayor tecnología se obtienen los datos más confiables, es así que se consideran otros factores relevantes en este proceso tales como la capacitación, mantenimiento, registros y toma de la información.

“se consideran cuatro factores (tiempo, calibración, operador y equipo) en las condiciones de medición dentro de un laboratorio” La metrología es la ciencia que estudia las mediciones (conjunto de operaciones necesarias para garantizar la confiabilidad de las mediciones).

- Existen tres tipos de metrología:

- **Metrología legal:** es la ejercida por los mecanismos de control del estado como por ejemplo: control de masas y esas en las plazas de mercado, control de volumen dispensado en las estaciones de gasolina.

Una de las tareas mas importantes de la metrología es garantizar la adecuada selección de los dispositivos de medición, para ellos se deben considerar las unidades de medición, el rango, condiciones ambientales, servicio técnico, calibración, robustez, capacitación del personal, exactitud, rapidez, facilidad de operación, medios auxiliares, costos, actualidad tecnológico, factores de seguridad industrial, factores ambientales, requisitos legales.

La metrología esta sometida a un mantenimiento previo para la evaluación preliminar del dispositivo para establecer su estado, debe ser exigente como una calibración; también se requiere un proceso de calibración (selección patrón o

proveedor del servicio, envío y recibo del equipo, revisión del certificado o informe, registros de la confirmación).

En el mundo industrializado son numerosos los aspectos de la vida que dependen de las medidas. La complejidad creciente de las técnicas modernas va acompañada de continuas demandas de más exactitud, mayor rango y mayor diversidad de patrones en los dominios más variados. El desarrollo y mejora de esos patrones es de importancia, tanto a nivel internacional como nacional, para la ciencia, el comercio y la industria. La Investigación Científica en el campo de la **Metrología actual tiene los objetivos siguientes:**

Desarrollar las bases científicas y técnicas para las medidas futuras, realizando investigación fundamental y aplicada.

Desarrollar, mejorar y mantener los patrones nacionales y las técnicas de medida de las Magnitudes Fundamentales y Derivadas.

Participar en las intercomparaciones internacionales que garantizan el acuerdo internacional y la trazabilidad.

Diseminar estos patrones, suministrando un servicio de medidas a las instituciones o personas que necesiten calibraciones del más alto nivel.

La importancia de la metrología y la universalidad de las unidades y los patrones de referencia es la causa de que sean varias las organizaciones internacionales dedicadas a la promoción de la investigación metrológica y de los acuerdos internacionales sobre unidades del Bureau International Poids et Mesures (BIPM).

La Convención del Metro es el tratado diplomático entre más de cincuenta naciones, las cuales dan autoridad a la Conferencia General de Pesas y Medidas (CGPM), el Comité Internacional de Pesas y Medidas (CIPM) y la Oficina Internacional de Pesas y Medidas (BIPM) para actuar en estas materias.

La metrología tiene hoy un impacto más y más determinante sobre las actividades científicas, industriales, comerciales y jurídicas en el mundo entero; asimismo debe responder a las exigencias crecientes de la salud y del medio ambiente. En todos los países industrializados se reconoce la necesidad de tener, a escala nacional, una estructura coherente en la cual se organicen los aspectos variados y complementarios de la metrología. La necesidad del comercio o de la cooperación entre naciones hace necesaria la existencia de estructuras reconocidas mutuamente, capaces de efectuar y de controlar las medidas de todo tipo. Tal aceptación mutua requiere el asegurar la uniformidad de medidas.

El acuerdo internacional bajo el cual se asegura la uniformidad de las medidas es la Convención del Metro, firmada en París en 1875, y de la que resultó la creación del Bureau International des Poids et Mesures (BIPM) en Sévres. El comercio internacional de productos de alta tecnología, las comunicaciones y la navegación, los intercambios de informaciones científicas o técnicas, teóricas o aplicadas, llevadas a cabo a nivel internacional, son altamente dependientes de las medidas de precisión. En efecto, todo proceso de fabricación de un producto depende estrechamente de la posibilidad de trazar la medida a los patrones nacionales y, en su caso, a los internacionales. Todo esto exige implícitamente mejorar sin cesar la uniformidad y la precisión de las medidas; este es el objetivo del BIPM, y aquél al que se consagra en estrecha relación con los laboratorios nacionales.

El BIPM y los laboratorios nacionales, juntos, tienen la responsabilidad del sistema internacional de medidas, llave de la uniformidad mundial de las medidas y una de las bases del mundo industrial.

La longitud se define expresamente como la longitud física del cable. Los probadores de campo miden el retardo de propagación (propagation delay) de una señal eléctrica en el cable y relacionan el retardo medido con la longitud del cable. Por supuesto, el tiempo de retardo de propagación depende de la velocidad de la señal, la cual se expresa como un porcentaje de la velocidad de la luz. Esta cantidad es la que se denomina NVP. Ya que la señal tiene que viajar de ida y vuelta en el cable, la ecuación para longitud es:

$$\text{Longitud} = \frac{\text{Tiempo_de_Retardo_Medido} * \text{NVP} * \text{Velocidad_de_la_Luz}}{2}$$

La Velocidad de la Luz es 300, 000,000 metros/segundo. Prácticamente la velocidad de la señal es aproximadamente 0.2 metros/nanosegundo (el NVP es aproximadamente el 67%).

Para medir la longitud el probador de campo usa un TDR (Time Domain Reflectometer [Reflectómetro en Dominio de Tiempo]), cuya operación se basa en un pulso que viaja por el cable hasta el extremo distante y regresa al origen; como ya se explicó, al medir el tiempo que tarda de ida y vuelta se puede determinar la longitud del cable.

➤ Los problemas derivados de medir la longitud física por medios electrónicos son:

- La velocidad del viaje de la señal eléctrica varía ampliamente de un rollo de cable a otro. Diferencias de hasta un 10% son perfectamente posibles.

- La forma de un pulso de TDR cambia considerablemente a medida que viaja por el cable hasta el extremo distante y regresa al origen; por lo tanto, no es fácil medir el tiempo de retardo con exactitud. Esto representa un problema para los probadores de campo y el requisito de mediciones precisas de longitud deben incluir este factor.
- Cada uno de los cuatro pares de un cable tiene diferente longitud de trenzado con respecto a los demás con el fin de mejorar el desempeño de diafonía; por lo tanto, el retardo de propagación será diferente en cada uno de ellos. Las longitudes (eléctricas) de los pares se basan en el retardo de propagación y generan diferentes resultados. Diferencias de un 5% resultan bastante comunes. Sin embargo, las longitudes físicas de los pares dentro de la chaqueta del cable son las mismas. Las normas especifican que la longitud más corta obtenida deberá ser usada para la calibración del NVP y para el establecimiento de criterios PASS/FAIL (Aprobado/Fallo).
- La velocidad del viaje depende ligeramente de la frecuencia. Para propósitos de reportes, el retardo de fase se mide a 10 MHz. Debido a que el periodo de una señal de 10 MHz es 10 ns, se debe multiplicar el retardo de fase por 100 ns para obtener el retardo de propagación.

La exactitud en la medición con probadores de campo del cableado de cobre de par trenzado se explica con todo detalle técnico en la norma ISO/IEC 11801:2002 2ª Edición.

➤ **La Calibración del Cable Debe Realizarse por el Operario del Equipo de Prueba.** Las normas de pruebas recomiendan que el NVP de cada rollo de cable debe ser medido (se debe usar la función calibrar cable a 300 m o 1000 ft del cable y ajustar la longitud reportada a 300 m o 1000 ft respectivamente). Después de que el cable del rollo calibrado ha sido instalado, la longitud deberá medirse usando el NVP obtenido por dicho rollo. Este NVP, así como los otros datos obtenidos, deberán registrarse en el sistema de administración del cable. La calibración del NVP mejora la exactitud de la longitud medida sustancialmente.

Sin embargo, se reconoce que muy pocos usuarios de los equipos de pruebas mantienen la disciplina de medir apropiadamente el NVP antes de la instalación y la gran mayoría no lo hace o ignora que debe realizarlo. El valor del NVP y la longitud de cada enlace no se registra en la documentación del cableado de un edificio. Los requisitos para el PASS/FAIL son por ende ajustados, dando como resultado un margen de tolerancia con relación a las longitudes máximas de hasta el 10% (obteniéndose resultados aprobatorios de hasta 110 m para canal y 99 para enlace permanente). Los probadores de campo añaden una imprecisión adicional de ± 1 m y $\pm 4\%$. Si el resultado obtenido está más cerca del límite

de prueba que el margen de exactitud del equipo, se añadirá un asterisco (*) al resultado PASS o FAIL. Este representa un aviso para el usuario del equipo indicando que no se puede determinar el resultado con exactitud: un PASS puede ser un FAIL en la realidad y viceversa.

Las normas de pruebas también establecen que el par con la mayor longitud de trenzado (por lo tanto con el menor retardo de propagación) deberá ser usado para calibrar el cable. El instrumento de prueba deberá ser capaz de medir todos los pares y reportar la longitud del par con el menor retardo de propagación (típicamente el mismo par usado para medir el NVP). Esta longitud deberá aplicarse a todos los pares.

Los límites de pruebas nominales para longitud (TIA únicamente) son:

- 100 m + 10% = 110 m Para canal
- 90 m + 10% = 99 m Para enlace Permanente

➤ **Liberías de Cables en los Probadores de Campo.** La mayoría de los probadores poseen una libería de cables indicando diferentes fabricantes y números de parte. Esto se hace con el único fin de ajustar el NVP con el valor nominal establecido por el fabricante. Al seleccionar un cable de esta librería se ajusta automáticamente el NVP. Este método sencillo, aunque válido, es menos exacto que la calibración del NVP. Como ya se mencionó, el NVP puede variar de un rollo a otro de cable aunque sean del mismo fabricante y número de parte¹.

➤ **El Encoder.** El encoder es un dispositivo electromecánico, que convierte la posición angular de su eje en una señal digital eléctrica. Conectado a la electrónica adecuada y a través de los apropiados vínculos mecánicos, el encoder permite medir desplazamientos angulares, movimientos lineales y circulares, y velocidades rotacionales y aceleraciones. Varias técnicas pueden ser utilizadas para la detección de un movimiento angular: capacitiva, inductiva, potencio métrica y fotoeléctrica.

Todos los transductores ELCIS hacen uso de la detección fotoeléctrica, el método más versátil y seguro en el momento actual. La imagen muestra las diferentes partes de un encoder y como opera.

¹ ALDAMA, Miguel. Longitud y NVP [en línea]: Connecticut, USA: Siemon Company Drive Watertown, 2008. [Consultado 05 de Julio de 2006]. Disponible en Internet: http://www.siemon.com/la/white_papers/SD-03-01-NVP.asp

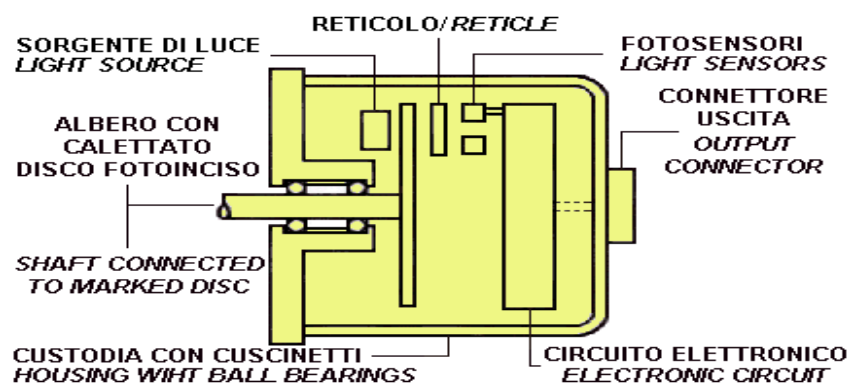
Figura 1. El Encoder.



Fuente:

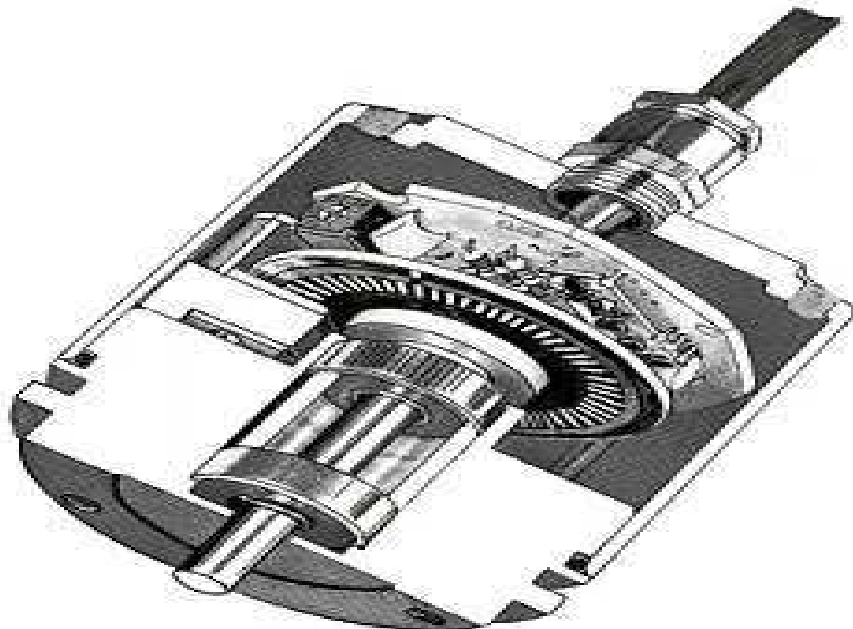
Un haz de luz colimado es enviado contra dos retículos radiales : uno de ellos estático, y otro en movimiento (el disco). La luz que puede pasar a través de los dos retículos cae en un grupo de fototransistores colocados inmediatamente detrás del retículo estático. Utilizando varias rendijas (en vez de una) en ambos retículos, la señal eléctrica resultante es más fuerte, y se corresponde con la media de varias líneas del disco en rotación. De esta manera, la salida eléctrica no es tan sensible a pequeñas imperfecciones del disco o impurezas en el sistema óptico.

Figura 2. Estructura Encoder.



Fuente: Encoder [en línea]: Madrid: **Elcis** Company 2002. [Consultado 05 de Julio de 2008]. Disponible en Internet: <http://www.elcis.com/spagnolo/generalita/generalitacentro.html>

Figura 3. Vista interna tacómetro / Encoder.



Fuente: Encoder [en línea]: Madrid: **Elcís** Company 2002. [Consultado 05 de Julio de 2008]. Disponible en Internet: <http://www.elcis.com/spagnolo/generalita/generalitacentro.html>

Las fuentes de luz de Arseniuro de Galio utilizadas en los encoders ELCIS garantizan una larga vida operativa (100,000 horas), más larga que otros encoders utilizando lámparas de filamento (de 5,000 a 40,000 horas). Además, los encoders ELCIS están equipados con un circuito interno que compensa el envejecimiento de los leds.

Los encoders ELCIS, gracias a su amplia gama de modelos, calidad y robustez, son aplicados con gran éxito en todo el mundo en aplicaciones del tipo : control de procesos industriales, robots industriales, máquina herramienta, instrumentos de medida, plotters, divisores, maquinaria de tratamiento de hojas, escalas y balanzas, antenas y telescopios, vidrio, mármol, cemento, madera, maquinaria de procesamiento, plantas ecológicas, textil, maquinaria de procesamiento de piel, grúas, grúas puente, prensas, impresoras, empaquetadoras, etc.

Además, Elcís está especialmente capacitado en la realización de encoders especiales, basados en los requerimientos de los clientes. Los costos de desarrollo son cubiertos en gran medida por ELCIS y el tiempo de realización es muy corto.

Figura 4. Encoder especial/ flexible.



Fuente: Encoder [en línea]: Madrid: **Elcis** Company 2002. [Consultado 05 de Julio de 2008].
Disponible en Internet: <http://www.elcis.com/spagnolo/generalita/generalitacentro.html>

4.1 ANALISIS DEL MARCO TEORICO

Con los mas recientes cambios en la globalización de la economía se hace cada vez mas relevante, día a día es necesario el desarrollo de métodos y equipos que ofrezcan mejor exactitud, rango de medición y menor complejidad. Este es un compromiso de las entidades oficiales de metrología en cada país para ello se deben desarrollar las bases científicas y técnicas a partir de la investigación teórica y aplicada, de igual manera se deben poseer patrones adecuados con trazabilidad a métodos primarios y dentro del sistema internacional de unidades.

Se deben desarrollar intercomparaciones con otros laboratorios de otros países que permitan establecer rutas de mejoramiento y acuerdos en los métodos. La metrología tiene una alta aplicación no solo en calidad, sino también en los impactos ambientales y de seguridad, así mismo es fundamental al momento de establecer acuerdos comerciales o pugnas jurídicas.

A partir del año 1875, cuando en París se firmo el acuerdo internacional de uniformidad de las medidas y se creo el Bureau international des Poids et Mesures (BIPM), se planteo la necesidad de trabajar en unificar los métodos de medición, desde ese momento los países mas avanzados dieron inicio a la creación de los institutos de medición de metrología.

5. MARCO CONCEPTUAL- EMPRESA

PROPAL S.A

➤ MISION

Ofrecer al mercado mundial, con énfasis en la región Andina, pulpa, papel y productos derivados, de calidad competitiva, complementados con una oferta de servicio personalizado y oportuno, obtenidos a través de una cultura de Gestión Integral.

Buscar siempre el desarrollo del potencial y bienestar de nuestros colaboradores y asumir una responsabilidad integral con la comunidad interna y externa.

Obtener los resultados financieros que aseguren la consecución de los recursos necesarios para la reconversión tecnológica permanente de PROPAL y para maximizar el valor económico agregado a los inversionistas.

➤ VISION

Por nuestra capacidad de ofrecer un servicio personalizado y oportuno frente a las necesidades de nuestros clientes, ofreciendo soluciones integrales para satisfacerlas.

➤ MEDIO AMBIENTE

Acorde con su política corporativa, PROPAL no ha ahorrado esfuerzos en el cuidado de la naturaleza.

En la actualidad, supera los parámetros de control ambiental establecidos por la Ley, y sus procesos industriales procuran un buen uso y aprovechamiento de los recursos naturales, de acuerdo con el principio de Desarrollo Sostenible.

El papel fabricado a partir de la fibra de caña de azúcar está catalogado internacionalmente como "Amigo de la Naturaleza", ya que su materia prima, el bagazo de caña, es un subproducto de la industria azucarera, renovable en cortos períodos de tiempo. Mediante el proceso de elaboración de papel con esta fibra se reducen los desechos sólidos y se produce un papel fino, biodegradable y reciclable. Por la calidad de los

papeles y los beneficios ecológicos que se obtienen, la fibra de caña de azúcar es el recurso alternativo de mayor demanda en el mundo.

La política corporativa de PROPAL involucra la preservación del medio ambiente, cumpliendo en sus plantas 1 y 2 con los parámetros de control establecidos por el Ministerio de Medio Ambiente, las Corporaciones Autónomas Regionales y los demás Entes Administrativos pertinentes, haciendo buen uso y aprovechamiento de los recursos naturales.

Nuestra principal materia prima es la fibra de la caña de azúcar, un subproducto de la industria azucarera, y muy abundante en los departamentos del Cauca y del Valle del Cauca, lo que permite el desarrollo tecnológico y la preservación de los bosques.

Figura 5. Vista de planta 2 desde la ptar.



En los sistemas de tratamiento de estos recursos **PROPAL** ha alcanzado rendimientos mayores a los esperados, gracias a las importantes inversiones realizadas.

Para el control de la contaminación de las aguas residuales en la Planta 1, con el montaje de la planta de recuperación de productos químicos, que redujo en más del 80% el vertimiento de residuos orgánicos y la recuperación de soda cáustica. Respecto a la disminución de la contaminación del río Cauca, con la instalación de dos lagunas de sedimentación de sólidos inorgánicos, reducción de los vertidos a las cañerías, instalación de una prensa de bandas que retira los sólidos del lavado de la fibra, un sistema de extracción de cenizas de caldera por vía seca, métodos de recuperación y recirculación de aguas de proceso. La

puesta en marcha de una planta de aguas residuales completa, con tratamiento primario en un clarificador, deshidratación de lodos y tratamiento secundario en una laguna de 14 hectáreas.

La Planta 2 comenzó sus operaciones en 1991 con todos los sistemas de control de aguas residuales y emisiones gaseosas, gracias al mejoramiento de la planta de aguas residuales preexistente, mediante la adición de otra laguna de 12 hectáreas y mejorando el sistema motor del clarificador, el de deshidratación de lodos y el de monitoreo de los afluentes. Para el control de emisiones gaseosas, en la Planta 1, se instalaron precipitadores electrostáticos en las calderas, ciclones de alta eficiencia y un lavador de gases en el horno de cal. En la Planta 2, las calderas tienen precipitadores electrostáticos, y el horno de cal un lavador de gases. Con todo esto, los valores de emisión son inferiores a los máximos permitidos por el Ministerio de Salud Pública (Decreto 02 de 1982).

Figura 6. Aireador ptar planta 2



Diseñada bajo las normas internacionales y nacionales (CRC) para el control de contaminación de aguas y atmósfera, nuestra planta de tratamiento de efluentes es la más grande en su género en Colombia, y comprende: Colectores de efluentes ácidos y cáusticos con control de neutralización. Clarificador para remoción de sólidos (85%). Laguna de oxidación por descomposición aeróbica de 7 Has. y 18 aireadores. Laguna de retención y sedimentación de 13 Has. Tiempo de retención del agua en efluentes: 18 días. Filtros electrostáticos para las emisiones atmosféricas

en calderas. Filtro lavador de gases para chimenea de horno de cal DBO 20 P.P.M., sólidos suspendidos, 45 P.P.M.

Con estas instalaciones, Planta 2 cumple ampliamente todos los parámetros de calidad del agua de efluente y de emisión atmosférica exigida por la CRC y por el Ministerio del Medio Ambiente.

➤ **Fabricación de papel**

PROPAL es el único productor en **Colombia** de papeles para imprenta, escritura y oficina que utiliza la fibra de la caña de azúcar como principal materia prima. El proceso de fabricación se puede describir así:

- **Ingenio azucarero**

Figura 7. Cultivo de caña de azúcar.



Se inicia en los ingenios azucareros en donde se recolecta el bagazo que resulta de la molienda de la caña de azúcar. Este bagazo es pretratado para remover parte de la médula, o el polvillo, que no es apta para la fabricación del papel. Gracias a su ubicación en el trópico, en Colombia se puede cosechar caña de azúcar durante todo el año, lo que permite el permanente suministro de fibra para PROPAL.

Una vez la fibra de bagazo es transportada a **PROPAL**, se inicia el proceso de desmedulado y lavado en la planta de fibra, garantizando así, la obtención de una fibra de bagazo limpia y lista para la conversión a pulpa.

Figura 8. Planta de pulpa



- **Planta de pulpa** Cuando la fibra pretratada entra en la planta de pulpa, es sometida a un proceso de cocción con soda cáustica y vapor a alta presión y temperatura, conocido como "proceso a la soda", el más limpio de todos los procesos de pulpeo. Su finalidad es eliminar parte de la lignina contenida en la fibra de caña de azúcar. Esta operación se efectúa en digestores continuos.

De los digestores, la pulpa pasa a un tanque donde se efectúa la despresurización. La pulpa, en esta etapa, presenta un color café. Seguidamente es enviada al cuarto de filtros lavadores en contracorriente donde se separa la pulpa del licor residual del cocimiento, más conocido como "licor negro". Posteriormente pasa al sistema de limpieza compuesto por zarandas y depuradores ciclónicos, donde se realiza una separación gruesa y fina de los materiales indeseables, como arena y otras impurezas.

La pulpa café obtenida puede continuar al proceso de blanqueo o ser usada en las máquinas papeleras con destino a la fabricación de papeles sin blanquear o naturales.

- **Planta de blanqueo.** Su función principal es retirar toda la lignina residual que le confiere el color café a la pulpa, lo cual se logra paulatinamente a lo largo del proceso de blanqueo gracias a la reacción química que ocurre en cada una de las torres de retención y a un posterior lavado por filtración para eliminar los productos de cada reacción.

Mediante estos procesos químicos de digestión y blanqueo se obtiene la pulpa para producir papeles "Woodfree", término con el que en la industria

papelera se conocen aquellos productos que no contienen lignina, a diferencia de los que provienen de un proceso de pulpeo mecánico, tales como los papeles tipo periódico y LWC (esmaltados de bajo gramaje para revistas).

La pulpa blanqueada es utilizada para la producción de papel y cartulinas finas.

La pulpa también puede ser prensada para extraerle la humedad, convirtiéndola en hojas para su fácil almacenamiento y transporte, posterior utilización en la fábrica o para venta externa.

- **Máquina de papel.** A la pulpa de bagazo, blanqueada o sin blanquear, se le agregan diferentes químicos como carbonato de calcio, encolantes y aditivos diversos, de acuerdo con la formulación específica de cada grado de papel a ser producido, dependiendo de su uso final.

Figura 9. Embobinadora winder 2.



La mezcla se pasa a través de unos depuradores ciclónicos, retirando impurezas como arena y astillas del bagazo entre otros, para mejorar la calidad de la pulpa que posteriormente va a entrar a la máquina de papel.

Esta mezcla de fibras, aditivos químicos, colorantes y gran cantidad de agua es depositada sobre una malla girando a alta velocidad. Mediante una combinación de efectos de gravedad y vacío, se retira el agua quedando al final de la malla una estructura húmeda de fibras entrelazadas que es en sí el principio de la hoja de papel. Posteriormente se pasa la hoja de papel por

un sistema de prensas y secadores de vapor para eliminar el exceso de humedad que todavía contiene la hoja de papel.

La hoja de papel es pasada por un sistema de rodillos, llamado calandria, que prensa la hoja para dar mejores propiedades de apariencia como lisura, calibre y porosidad. Esta hoja continua de papel es enrollada en bobinas de gran tamaño, llamadas "jumbos" o "reeles", donde se corta a rollos en anchos mas pequeños de acuerdo a lo solicitado por los clientes.

En la sección de terminados se llevan a cabo actividades tales como: conversión de rollos en hojas, rollos en rollos de otras dimensiones, rollos para ser supercalandreados (reducción de calibre e incremento de la lisura del papel) o rollos para ser embosados (textura predeterminada).

La fabricación de papel es un proceso continuo y tiene sistemas computarizados de medida y control de las principales variables y características de calidad de papel.

- **Planta de esmaltados.** El proceso de esmaltado tiene como fin aplicar al papel base por una o ambas caras, un recubrimiento de pigmentos, almidones, y adhesivos sintéticos. Este proceso se realiza aplicando la película de esmalte sobre la superficie del papel base de características predeterminadas y de acuerdo con la calidad que se requiera.

El papel esmaltado pasa por un sistema de secado con aire caliente y lámparas infrarrojas para ajustar la humedad final. Se embobina y se pasa por una supercalandria que mediante la acción de una serie de rodillos de pasta, intercalados con rodillos de acero, producen el brillo de la cara, o caras, esmaltadas de la hoja de papel. Finalmente el papel esmaltado se corta y se despacha de acuerdo con los requerimientos del cliente.

➤ **PROCESOS ALTERNOS A LA FABRICACION DE PAPEL**

- **Recuperación de materia prima y Recuperación de la Soda cáustica.**

El licor negro generado en la **Planta de Pulpa**, como desecho del proceso de lavado de la pulpa, va a una serie de evaporadores para retirar el agua y concentrarlo. Posteriormente se quema la parte orgánica en la caldera de Recuperación quedando como residuo una ceniza rica en sodio.

Figura 10. Caldera potencia planta 2



Este residuo de la caldera es mezclado con cal, produciendo una reacción química que permite convertir el carbonato de sodio, en soda cáustica y carbonato de calcio. La soda cáustica retorna al proceso de cocción de la fibra en la **Planta de Pulpa**. El carbonato de calcio se separa y se envía a un horno donde se quema en conjunto con piedra caliza, produciendo cal viva que posteriormente se utiliza en la reacción de cuantificación.

La caldera es llamada de recuperación, porque al quemar el licor negro, produce, además del vapor a utilizar en el proceso, un residuo mineral que por intermedio de un proceso llamado cuantificación, producirá nuevamente un licor que se usará en el cocimiento de la fibra. Este proceso de recuperación tiene como objetivo principal eliminar el licor negro como desecho líquido, y recuperar la soda cáustica usada en el digestor.

➤ **Historia del papel.** La evolución de los materiales de escritura se inició con la arena, las piedras, los huesos, los metales, las cortezas, las hojas y la madera. Estos fueron seguidos por los linos y otros tejidos. Los inconvenientes de estos materiales fueron el incentivo para la generación de alternativas que dieron lugar a la introducción del papiro en Egipto en el año 3500 A.C. Aunque el papiro nos dio la palabra Papel, el que de hecho posee muchas de sus propiedades básicas, no es aún papel en el sentido estrictamente técnico. Por la época en que declinaba el uso del papiro, el conocimiento en China del tejido de la seda y la manufactura de tapetes condujo al descubrimiento de la producción de papel hace cerca de 2000 años.

- **Descubrimiento de la Manufactura del Papel.** Cerca del año 105 de la era Cristiana, T'sai Lun, un consejero privado en la corte China del Emperador Ho Ti, concibió la idea de preparar una mezcla de retazos de seda, corteza, cáñamo y espinas de pescado en agua hirviente, la que luego maceró hasta conformar una pulpa. El papel se formó agitando esta pulpa en agua introduciendo un tamiz verticalmente, el que luego se retiró horizontalmente con leves sacudidas, permitiendo el drenado del agua y dejando una capa húmeda de pulpa formada por fibras entrelazadas. La estera de fibras se dejó secar al sol y se presionó entre dos piedras, conformándose así la hoja de papel. Este proceso estableció los principios fundamentales de la manufactura del papel, el cual, no obstante los enormes avances técnicos, continúa siendo empleado a la fecha.

El papel finalmente se abrió camino hacia otras regiones, tomando más de 800 años en llegar al mundo Árabe, inicialmente a España y Marruecos a finales del siglo IX. Gradualmente se esparció al resto de Europa, iniciando en Francia en el año 1190, usando una gran diversidad de materias primas. En el siglo XV se imprimió la Biblia de Gutemberg en papel a base de cáñamo, el cual aún subsiste en excelentes condiciones. A comienzos de 1800 el mundo occidental hacía papel a partir de retazos y telas y es por ese tiempo cuando es inventada la primera máquina de producción continua de papel por los hermanos ingleses Fourdrinier, cuyo nombre y concepto sobrevive en nuestros días en las máquinas papeleras actuales. A finales del siglo XIX se iniciaba la búsqueda de material vegetal como sustituto de los retazos. El advenimiento de nuevas tecnologías de tratamiento químico junto con el uso de la madera como principal materia prima, fueron la plataforma para la continua expansión del papel y de la industria gráfica nivel mundial.

➤ **Gestión Ambiental.** El ciclo de vida de nuestro papel es un ejemplo de la puesta en práctica de los principios de producción más limpia, porque es un producto a base de fibras naturales renovables, que se biodegrada y se recicla. Se produce a partir de un subproducto agrícola y nuestros procesos cumplen con las normas ambientales de límites permisibles nacionales emitidos por el Ministerio del Medio Ambiente y las Corporaciones Autónomas Regionales CVC y CRC.

Productora de Papeles S.A. – PROPAL – inició operaciones en agosto de 1961, con una capacidad inicial de 36.000 toneladas anuales en su planta No. 1, localizada en el Municipio de Yumbo (Valle), y adquirió en 1990 la planta No. 2, ubicada en el Municipio de Caloto (Cauca). La capacidad actual de las plantas es del orden de 220.000 toneladas.

PROPAL produce papeles finos para imprenta, escritura y oficina, a partir de la fibra de caña de azúcar, subproducto de la industria azucarera, abundante en los departamentos del Valle del Cauca y Cauca.

➤ **Proceso.** El papel esta compuesto por una serie de fibras entrelazadas. El papel se fabrica a partir de fibras vegetales, en gran proporción extraídas de árboles en bosques tropicales o de latitudes más septentrionales. La fibra también se puede obtener de cultivos especiales (bambú, cáñamo y sus variedades), y de subproductos agrícolas como en el caso de **PROPAL**, que aprovecha la fibra que contiene la caña de azúcar, un cultivo renovable en cortos períodos de tiempo, dando un aporte significativo al medio ambiente mundial al reducir el corte de bosques enteros. Por esta razón exportamos pulpa de bagazo al Japón, donde los papeles producidos con esta pulpa pueden llevar el sello ecológico “Amigos de la Naturaleza”.

Figura 11. Proceso productivo papel.



La Planta 2 comenzó sus operaciones en 1991 con todos los sistemas de control de aguas residuales y emisiones gaseosas, gracias al mejoramiento de la planta de aguas residuales preexistente, mediante la adición de otra laguna de 12 hectáreas y mejorando el sistema motor del clarificador, el de deshidratación de lodos y el de monitoreo de los afluentes. Para el control de emisiones gaseosas, en la Planta 1, se instalaron precipitadores electrostáticos en las calderas, ciclones de alta eficiencia y un lavador de gases en el horno de cal. En la Planta 2, las calderas tienen precipitadores electrostáticos, y el horno de cal un lavador de gases. Con todo esto, los valores de emisión son inferiores a los máximos permitidos por el Ministerio de Salud Pública (Decreto 02 de 1982).

Después de obtener la fibra del bagazo de caña, mediante separación mecánica, se envía a un proceso químico que tiene como principio básico, remover el ligante natural que une las fibras, la lignina.

Este proceso químico se realiza en dos etapas: la primera, denominada Cocción, donde se adiciona soda cáustica y vapor de agua para retirar gran porcentaje de lignina, y luego se separa la pulpa de los compuestos de soda y lignina en un proceso de lavado produciendo una pulpa que no es blanca y que en ese punto puede ser utilizada para producir papeles sin blanquear; la segunda etapa es el blanqueo mediante un proceso químico en varias etapas, que conllevan extracción y lavado de la pulpa.

La pulpa blanqueada se envía a la máquina de papel donde se le adicionan aditivos químicos para dar características especiales dependiendo del tipo de papel (como por ejemplo color, resistencia, etc.). Posteriormente en la mesa de formación se elimina gran parte del agua y se forma la hoja de papel.

En la planta de recuperación de productos químicos, se recupera la soda cáustica de las aguas de lavado –licor negro- y se genera vapor de agua y posteriormente energía eléctrica en un turbo generador, proveniente de la combustión del material orgánico que se retira del bagazo. Este proceso reduce la contaminación y permite sacarle provecho a las aguas residuales.

Nuestros productos, papeles y cartulinas son biodegradables y reciclables, libres de olores y atóxicos, por lo cual son aptos para estar en contacto con productos alimenticios y farmacéuticos para consumo humano².

² Productora de Papeles PROPAL S.A. [en línea]. Santiago de Cali: PROPAL S.A., 2008. [Consultado 10 de Mayo de 2008]. Disponible en Internet: <http://www.propal.com.co>

6. ANTECEDENTES

En PROPAL la implementación de metrología se inicio en los años 80's, pero su fortalecimiento se da a partir de 2001 con la implementación de ISO 9001 en la planta Esmaltadora. Se sintió la necesidad de crear un departamento especializado en el tema, que diera soporte a mantenimiento central y a los negocios operativos para garantizar el adecuado funcionamiento de los equipos críticos de los procesos y así también cumplir con los requisitos exigidos en la certificación de normas como ISO 14001, OHSAS 18001.

A partir de 1998, PROPAL sintió que era importante integrar sus sistemas de información para garantizar tener la información confiable y rápida que le permitiera a sus directivas tomar decisiones acorde a la rapidez de los mercados, ello promovió que en el 2002 se iniciara la implementación del sistema integrado de información para PROPAL (SIIP), en su primera etapa fue seleccionado la ERP SAP, en esta plataforma se inicio con Mantenimiento, Abastecimiento, Gestión Humana, calidad en la inspección y contabilidad, 3 años después se realizó una segunda fase en donde fue seleccionado la plataforma de ORACLE y sobre esta se monto producción, costos y comercial.

Con la implementación de estos sistemas de información se logra tener actualizada y en línea la información de producción, costos, calidad.

En lo referente de calidad se tiene equipos en línea que monitorean las variables críticas para cada producto.

Los equipos de medición de longitud forman parte de estos sistemas de información pero debido a que no se logrado alcanzar un alto grado de confiabilidad en los resultados, esta información no se puede suministrar a los clientes externos.

- No confiabilidad en la generación de la producción gross y producción vendible en el área de Máquinas, esmaltados, conversión en planta 1 y planta 2; porque la producción se genera con base en longitud diferente a las unidades de inventario y los equipos.

- Información referente a los rechazos producidos en las diferentes fases de producción (Backtender – Winder – Rereeler – Esmaltado – Conversión)

- No se cuenta con un método alterno para evaluar si los equipos de medición de longitud en línea están calibrados o no.

- cambios en la parte operacional de las máquinas. (Especificación de manufacturas).

- Se ha buscado empresas especializadas en la calibración de estos equipos pero no se ha tenido suerte, incluso se consultó con la Superintendencia de Industria y Comercio (máximo ente en Metrología en Colombia), en marzo del 2006 se logro coordinar la visita de los expertos de esta entidad a la planta, se intento implementar el método de calibración sugerido por ellos, pero este tenia restricciones tales como: se debe desarrollar a bajas velocidades, la longitud máxima de calibración es de 1000 metros, así mismo se desarrollo un método alternativo con uno de los proveedores en el momento de hacer la ejecución del mismo se encontró mucha variabilidad en los resultados.

En el 2007 se hizo el intento de hacer calibración con tacómetros de contacto y ópticos calibrados y trazables, pero implacable alta variación en los resultados, riesgos de seguridad.

Periódicamente se hacen verificaciones de estos equipos utilizando lámparas estroboscópicas, aunque los resultados son satisfactorios, se siguen teniendo reclamos de los clientes por reclamos de longitudes, por ello se tiene la necesidad de buscar métodos alternos para la verificación de estos equipos.

7. METODOLOGÍA

Para cumplir los objetivos del proyecto se implementara una metodología en los cinco meses de práctica de la siguiente forma:

Conocimiento detallado del proceso de la máquina.

Observación de operaciones por los trabajadores en las máquinas donde se hará el seguimiento del proyecto.

Estudio bibliográfico de los métodos que se puedan aplicar.

Selección de los métodos con mayor probabilidad en alcanzar los objetivos propuestos.

Diseño de hojas de cálculo.

Accesoría por parte de los ingenieros en operaciones como (peso básico y calibre a partir del espesor del rollo).

Ensayos en la recolección de datos, para la prueba de las hojas de cálculo.

Seguimiento y recolección de datos en máquinas winder planta1 y 2.

Seguimiento y recolección de datos en cortadoras planta 1 y 2.

Análisis de los datos.

Selección del método optimo.

Validación y documentación del método.

Sustentación de informe ante comité de la empresa y universidad.

Metodología aplicada es la comparación directa de métodos con toma de información en el proceso real. Calculo de la reproducibilidad y repetibilidad de cada método, evaluación de promedios, errores porcentuales y varianza, se realizaran los gráficos comparativos para los errores y se definirá el método optimo.

8. MÉTODOS DE ESTUDIO

8.1 SISTEMA DE CONTEO DE METROS

Este sistema esta diseñado para registrar y mostrar los metros de papel que se enrollan en cada set y hacer un histórico de 200 registros.

Cada registro incluye la fecha y la hora de elaboración del rollo y la cantidad de metros que contiene.

Se tiene comunicación con el sistema de supervisión Optivision, al cual se le entrega información de cada rollo producido.

El histórico puede ser monitoreado en la pantalla del equipo e igualmente existe la opción de ser monitoreado el histórico desde el sistema remoto de supervisión.

Existen sistemas con entradas análogas, que reciben una señal proporcional a la cantidad de metros de cada set, utilizados en las máquinas rereeler, winder esmaltado, winder máquina 3, winder planta 2.

Otro grupo de sistemas trabaja con entradas digitales, que recibe una cantidad de pulsos por unidad de longitud enrollada. Utilizado en las máquinas supercalandrias, winder de máquina 1 y 2, rewinder de terminado, embosadora, rewinder de planta2 y extruders.

Los tres métodos que se van a utilizar determinar la longitud en los rollos de papel son:

8.2 MÉTODO UNO “PESO DEL ROLLO”

Se llevara a cabo en la máquina1, máquina 2, máquina 3, esmaltadora en planta 1 y máquina 4 en planta 2.

Este primer método se hará en las winder, se establece la longitud del rollo a partir de su peso, el gramaje, el peso del core y el ancho, con base a esta

$$\text{Fórmula } L = 1000 \frac{(\text{peso incremento} - \text{peso tubo})}{\text{anchorollo} * \text{peso basico}}$$

Tan pronto el rollo termina de ser embobinado se pesa en una bascula que tiene una división de escala de 1 Kg, se anota este peso, se coloca incrementos de 0,1 kg hasta que cambie el display de la bascula a la siguiente unidad, se anota el numero de pesos de 0.1 Kg colocado, con anticipación se ha pesado el core en el laboratorio con una balanza de 0,1 g de división de escala, también se toma muestra del papel embobinado para determinar peso básico.

Esta longitud se compara con la longitud reportada en la etiqueta tomada a partir de los equipos de medición en línea de cada máquina, se deben considerar las perdidas y demás componentes del balance y así poder analizar de una forma mas exacta el porcentaje de error en las diversas longitudes que muestra el proceso en una misma fase.

Nota: para mejorar la exactitud en el peso reportado del rollo, se aplica la técnica de incrementos que consiste en colocar pesos pequeños (cercanos a 1/10 la división de escala del equipo) durante el proceso de pesaje rutinario hasta alcanzar una variación de una unidad en la bascula, de esta forma si la bascula ofrece una exactitud de 1 Kg, con esta técnica podemos llevar a 0.1 Kg.

8.3 MÉTODO DOS “BALANCE EN LA CORTADORA/ CORTADORA WILL”

Se llevara a cabo en las cortadoras Jagenberg planta 1 y cortadora Will planta 2, consiste en hacer un balance de longitud que entra (Longitud del rollo) y (números de resmas) que salen del rollo de papel.

Los datos a tener en cuenta en este procedimiento son: la longitud de las etiquetas de los rollos que entran a las cortadoras, numero de hojas que se pierden en el arranque, datos del tablero (numero de hojas – número de resmas), numero de rollos montados y cantidad de metros que quedan en las colas de los rollos. En este método se observa en rendimiento de longitud de cada rollo de papel desde el momento que se monta en la máquina hasta su proceso de conversión.

El método inicia con la toma de datos de la etiqueta del rollo (numero y longitud del rollo), cuando el rollo es montado a la unidad de entrada de la máquina se le deben retirar siempre las sabanas deterioradas y estas se deben medir, cuando se inicia el corte de los pliegos, los primeros son desechados debido a problemas de calidad, esto se cuenta, de allí en adelante los pliegos son cuantificados a través del contador automático de la máquina, cuando se completa una estiba el contador vuelve a cero, por ello se deben contar el numero de estiba que salen por rollo, cuando se termina el rollo se dejan las ultimas hojas sin cortar, debido a que estas guardan la memoria del core (quedan muy dobladas), estas deben ser cuantificadas.

8.4 MÉTODO TRES “REBOBINADO”

Este método aplica en la rewinder planta 1 y planta 2 (máquina encargada de transformar rollos de papel con imperfectos a rollos de buen estado), aquí utilizaremos un tacómetro digital, con el cual calcularemos la longitud la a través de la velocidad de embobinado del rollo. En este proceso se aprovecha que estas máquinas son pequeñas y se pueden operar a velocidades inferiores de las Winder sin afectar significativamente el proceso de producción y brindando mayor confiabilidad a la medición realizada con los tacómetros de contacto.

Consiste en rebobinar el rollo a velocidades bajas y colocar sobre el papel un tacómetro digital para conocer la longitud, este tacómetro es calibrado por la Superintendencia de Industria y Comercio (Máximo Ente de metrología en Colombia).

9. DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS

9.1 MÁQUINAS PLANTA 1

9.1.1 Proceso Winder Esmaltadora

Figura 12. Reel en la Winder.



Figura 13. Tren de cuchillas en la Winder.



Figura 14. Winder/ regleta medicion diametro rollo.



Figura 15. Rollo embobinado.

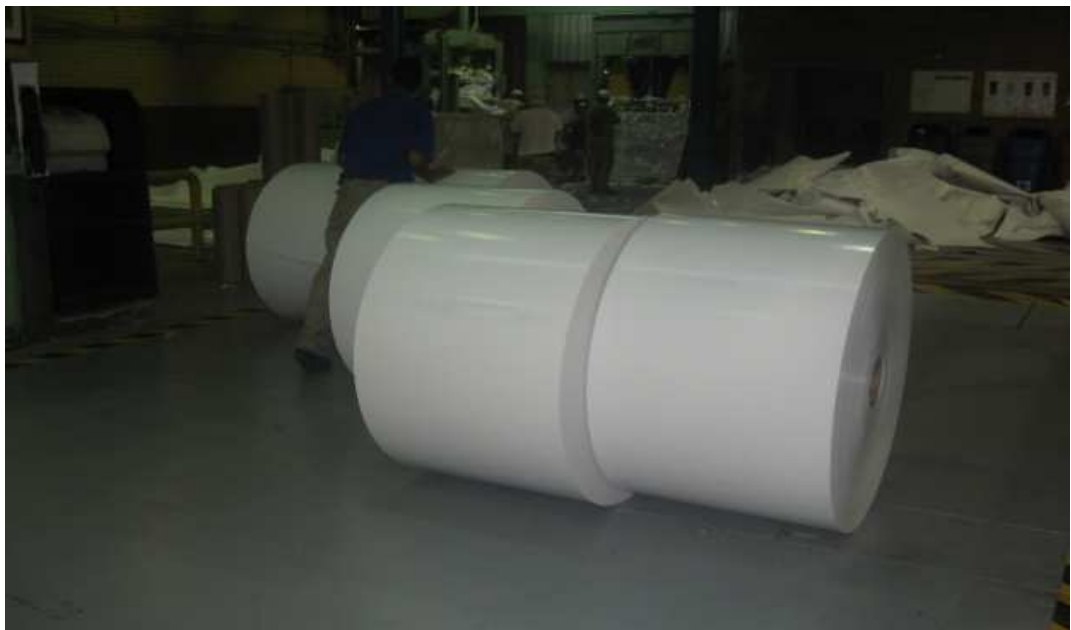


Figura 16. Display Medidor De Longitud



- **Características y función Winder esmaltadora**

Máquina encargada de la transformación (Reel – Rollos) por medio del embobinado que se le hace al papel esmaltado.

Se tiene como propósito de producción de 60 Ton por turno, el rendimiento de producción depende del grado del papel.

Trabajan estos grados de papel C2S 90 Cte; C2S 90 Alto Calibre; C1S 80 Label; C1S 80 corriente; C1S 90 Label; C1S corriente; C1S 160; C1S 210; C2S 115 Cte; C2S 115 mate; C2S 115 Cte; C2S 115 mate; C2S 150 Cte; C2S 150 mate; C2S 170; C2S 300; C2S 115; C2S 130 mate; C2S 200 Cte; C2S mate; C2S 240 Cte; C1S 210 SBS ; C1S 225 SBS; C1S 250 SBS; C1S 280 SBS; C1S 300 SBS; C1S 320 SBS; C2S 100 H Bulk Mate/ Web Offset; C1S280Cte; C1S 105 Ream Wrap; C2S 115 H Bulk mate; C2S 135 H Bulk Mate; C2S 90 W O.

- **DATOS ESPECIFICOS**

- Tipo de máquina: OFF-Machine Coater
- Año de suministro: 2001
- Ancho útil: 3700 mm

- Velocidad máxima de trabajo: 650 m/min
- Aire comprimido: $p_u = 6 \text{ bar}$
- Tensión p el régimen de trabajo: 60 V, 60 Hz, 3 fases
- Tensión de control: 220 V, AC
- Tensión de control para válvulas magnéticas: 24 V, DC
- Tensión para lámparas: 24 V, DC
- Material soporte: 50-280 g/m²

9.1.2 Proceso Winder tres

Figura 17. Reel winder 3.



Figura 18. Display medidor de longitud.



Figura 19. Display medidor de longitud auxiliar.



➤ Características Y Función Winder Tres

Winder 3. Esta máquina puede se puede utilizar a una velocidad de (0-1500 m/min.); esta encargada en embobinar los rollos de los siguientes grados de papel: Cuadernos de 56 g, Bond 60g, Offset 75 g, Offset 90 g, Bristol 115 g y en algunos casos vaso 95 – 105 – 115 – 200.

Esta máquina saca aproximadamente una producción de (45 – 65 ton) de papel por turno, en la empresa se hacen tres turno diarios.

Para la producción de rollos de papel liviano se utiliza el modo Automático y para el papel pesado se cambia al parasito manual.

Desde el mes de marzo del 2008 se implemento un sistema para ver las curvas de alivio y así mejorar el embobinado del rollo.

9.1.3 Proceso Winder Esmaltadora



Figura 20. Entrada Reel Winder Máquina2.



Figura 21. Salida Rollos Winder Máquina 2



Figura 22. Rollos Winder Máquina 2.



Figura 23. Medidor De Longitud Máquina2



➤ **Características y función Winder Dos**

- **Winder Dos.** Máquina encargada en embobinar los rollos con grados de papel relativamente bajos como: PROPAL copia de 35 g en diferentes colores, sobres ecológicos de 60 g y papeles de 30 g.

Esta máquina es de las más antiguas que tiene la empresa, no tiene modo automático, se trabaja todo el tiempo con el parasito manual.

9.1.4 Proceso cortadora Jagenberg

Figura 24. Entrada rollos a la cortadora.



Figura 25. Cuchillas cortadora.



Figura 26. Pliegos para reprocesos.



Figura 27. Salida pliegos.



Figura 28. Estibado de pliegos.



Figura 29. Plataformas de pliegos despacho a cliente.



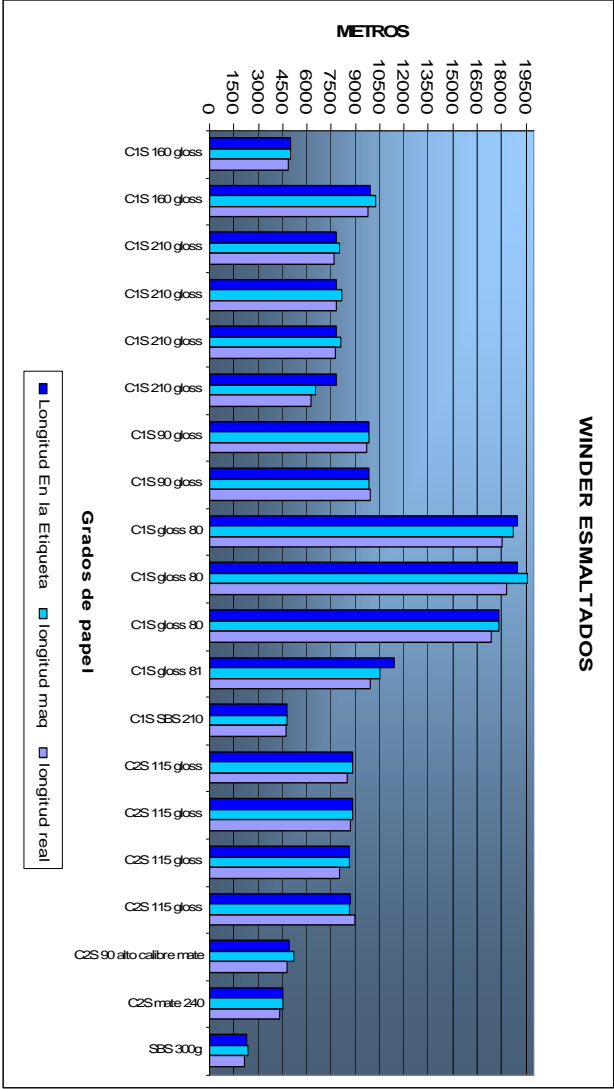
10. RESULTADOS

10.1 WINDER ESMALTADORA

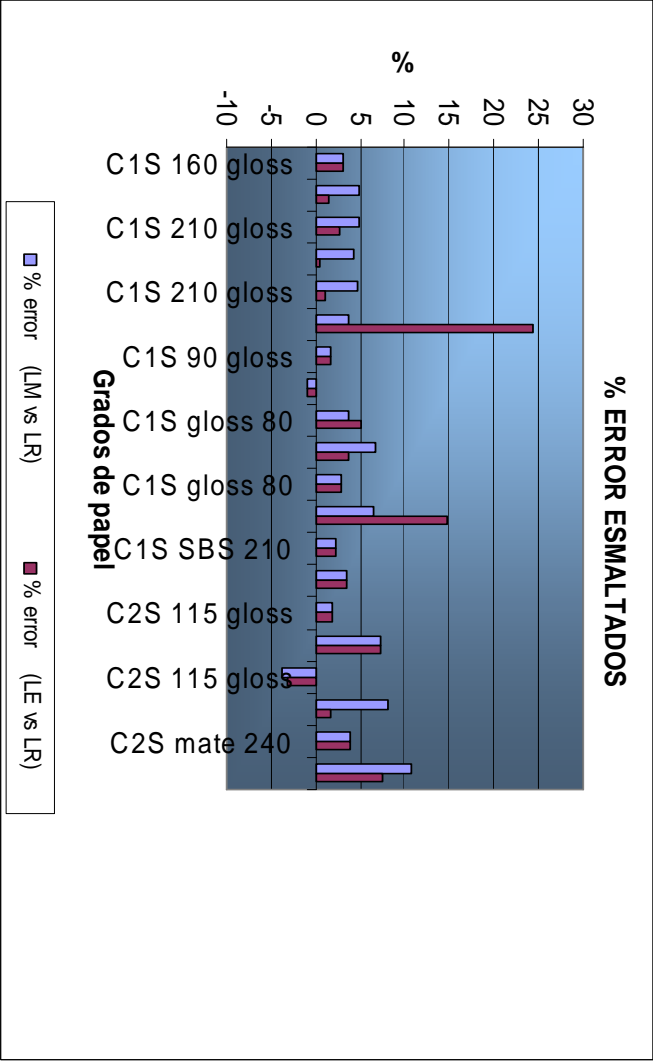
Tabla 1. Datos Winder Esmaltadora

Grado Papel	Longitud En la Etiqueta	longitud real	longitud maq	% error (LM vs LR)	% error (LE vs LR)
C1S 160 gloss	4970	4817,664	4970	3,162032	3,162032
C1S 160 gloss	9900	9753,965	10227	4,849665	1,497182
C1S 210 gloss	7840	7643,282	8015	4,86333	2,573737
C1S 210 gloss	7824	7794,755	8135	4,365049	0,375186
C1S 210 gloss	7805	7729,406	8087	4,626412	0,978008
C1S 210 gloss	7802	6274,988	6507	3,697404	24,33489
C1S 90 gloss	9835	9675,645	9835	1,646966	1,646966
C1S 90 gloss	9836	9929,784	9828	-1,02503	-0,94447
C1S gloss 80	18977	18074,67	18731	3,631206	4,992226
C1S gloss 80	19020	18329,77	19572	6,777096	3,765602
C1S gloss 80	17863	17361,62	17870	2,928192	2,887874
C1S gloss 81	11349	9886,886	10523	6,433914	14,78842
C1S SBS 210	4787	4681,515	4790	2,317296	2,253214
C2S 115 gloss	8800	8505,6	8800	3,46125	3,46125
C2S 115 gloss	8843	8680,141	8843	1,876221	1,876221
C2S 115 gloss	8608	8019,515	8608	7,338156	7,338156
C2S 115 gloss	8660	8949,103	8609	-3,80041	-3,23052
C2S 90 alto calibre mate	4890	4805,619	5194	8,081803	1,755876
C2S mate 240	4489	4319,74	4489	3,918283	3,918283
SBS 300g	2304	2144,097	2375	10,76922	7,457808

Gráfica 1. Comparación longitudes winder esmaltadora.



Gráfica 2. Error winder esmaltadora.



➤ RESULTADOS DE LAS WINDER

• ESMALTADORA (metros)

Longitud Etiqueta – Longitud Real:

La longitud que esta en la etiqueta según el seguimiento siempre esta por encima de los datos de la longitud real.

El 5 % de los datos (1 rollo de C2S 115 gloss) presenta que la longitud de la etiqueta es menor que la longitud calculada en el laboratorio, siendo el de alto gramaje.

Longitud Máquina – Longitud Real:

En los datos se puede observar que la longitud que marca la máquina en su mayoría es más grande que la que se calcula en el laboratorio.

El 10 % de los datos presentan que la longitud real es mayor a longitud que nos muestra la máquina, el dato del papel C1S 90 gloss marca una diferencia de 100 m aproximadamente y el otro dato de papel C2S 115 gloss tiene una diferencia de 340 m.

Longitud Máquina - Longitud Etiqueta

El 50 % de los datos tienen la longitud de igual valor.

El 35 % de los datos presentan una mayor longitud en la máquina en relación con la longitud etiqueta.

El 15 % de los datos tienen la longitud etiqueta mayor a longitud máquina.

• **Esmaltadora (% Error).** El 15 % de los datos presenta diferencia y donde 2 de los datos en relación longitud etiqueta – longitud laboratorio con un +/- 21% en diferencia a longitud máquina – longitud laboratorio en un papel C1S 210 gloss ; un +/- 8% en un papel C1S gloss 80 gloss y +/- 1.5 % en un papel C1S gloss 80 gloss

El 40 % de los datos tiene el mismo % error en condición longitud etiqueta – longitud laboratorio; longitud máquina – longitud laboratorio.

El 5 % de los datos se encuentran en el cuadrante negativo lo que indica que la longitud de la máquina es menor a la longitud del laboratorio, también la longitud

de la etiqueta es menor a la longitud del laboratorio en el primer dato del papel C1S 90 gloss hay un error +/- del -1% y en el dato del papel C2S 115 un error +/- del -3%.

El 40 % de los datos presentan un porcentaje mayor en la longitud máquina – longitud real en comparación a la longitud etiqueta – longitud real.

- **Observaciones esmaltadora.** El display que se encuentra en la mesa de operaciones marca la cantidad de metros embobinados por cada set, de allí el operador debe anotar ese dato en una planilla e ingresarlo al sistema para la elaboración de la etiqueta; en algunos de los casos el operario aumenta el valor del dato (ellos justifican que el sistema optivision no les permite ingresar el dato al sistema).

Otro dato ha tener en cuenta es el peso de cada rollo, dato que también va en la etiqueta y que el operario lo varia en algunos de los casos con mas de 2 kilos.

Los operarios asumen el ancho de cada rollo en el momento de la transformación de Reel a rollos, siendo que a la hora de medir el ancho de cada uno de los rollos por set, también se encuentra variación en los datos.

Cuando las etiquetas ya están creadas quedan en la mayoría de los casos con variabilidad en los datos como (longitud, peso, ancho, diámetro).

La información de las etiquetas y la del sistema optivision tienen diferencia respecto a los datos de un mismo rollo en algunos de los casos.

En esta winder trabajan para la producción de rollos con el método del diámetro el cual lo miden con una regla estática que esta ubicada en el lado derecho de la máquina y por medio de este diámetro se determina la longitud de los rollos.

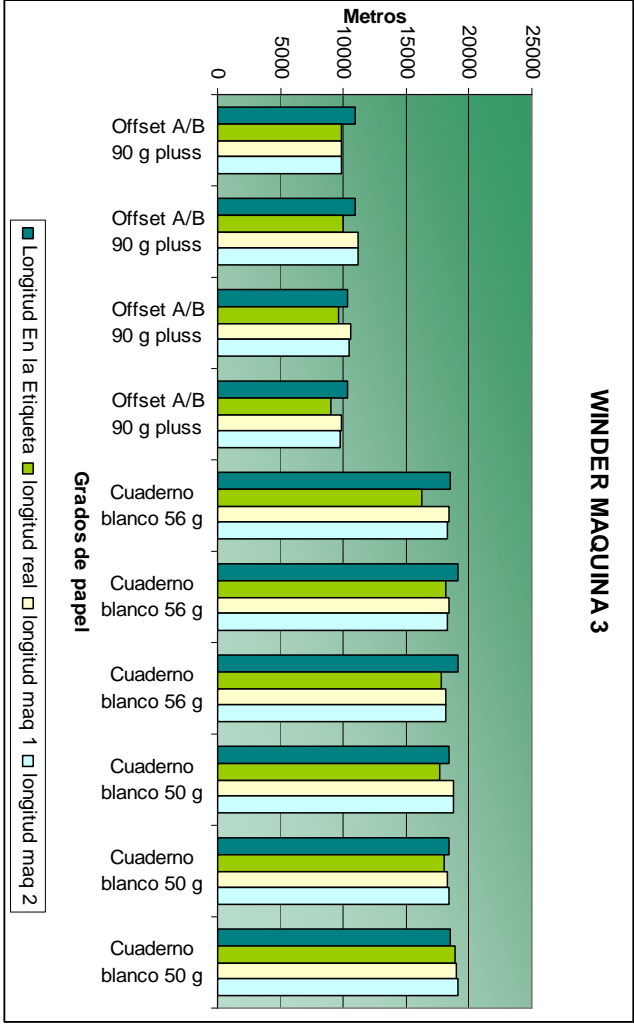
El medidor de longitud de esta máquina se encuentra en buen estado.

10.2 WINDER MÁQUINA 3

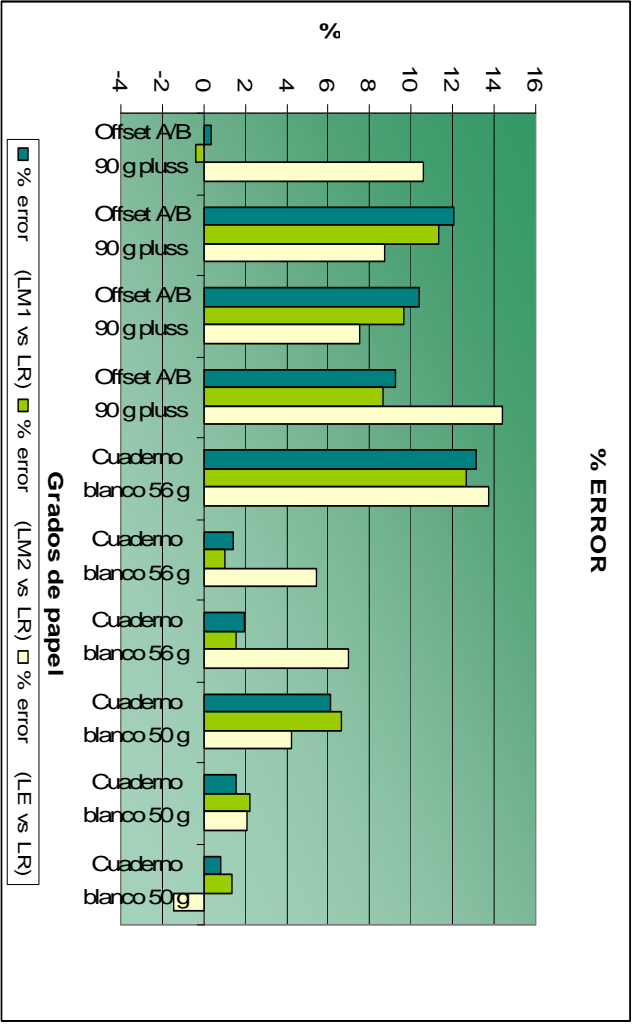
Tabla 2. Datos Winder 3

Grado Papel	Longitud En la Etiqueta	longitud real	longitud maq 1	longitud maq 2	% error (LM1 vs LR)	% error (LM2 vs LR)	% error (LE vs LR)
Offset A/B 90 g pluss	10900	9855,2	9890,0	9815,0	0,4	-0,4	10,6
Offset A/B 90 g pluss	10900	10026,6	11233,0	11160,0	12,0	11,3	8,7
Offset A/B 90 g pluss	10290	9570,4	10562,0	10492,0	10,4	9,6	7,5
Offset A/B 90 g pluss	10290	8995,8	9829,0	9771,0	9,3	8,6	14,4
Cuaderno blanco 56 g	18468	16239,0	18368,0	18298,0	13,1	12,7	13,7
Cuaderno blanco 56 g	19093	18115,1	18372,0	18301,0	1,4	1,0	5,4
Cuaderno blanco 56 g	19093	17844,4	18198,0	18125,0	2,0	1,6	7,0
Cuaderno blanco 50 g	18387	17637,9	18718,0	18803,0	6,1	6,6	4,2
Cuaderno blanco 50 g	18388	18011,8	18297,0	18407,0	1,6	2,2	2,1
Cuaderno blanco 50 g	18557	18828,0	18979,0	19078,0	0,8	1,3	-1,4

Gráfica 3. Comparación longitudes Winder 3.



Gráfica 4. Error Winder 3.



➤ RESULTADOS DE LAS WINDER TRES

Longitud Etiqueta – Longitud Real:

El 90 % de los rollos tienen una longitud etiqueta mayor a la longitud real.

El 10 % de los datos que tiene la longitud real mayor a la longitud etiqueta con una diferencia de +/- 270 m y su clase de papel es cuaderno blanco 50g.

Longitud Máquina (1) – Longitud Real:

En todos los datos la longitud que da el contador # 1 son mayores a la longitud real.

En el 20 % de los datos la longitud máquina tienen una diferencia de +/- 1200m en una muestra de papel Offset A/B 90g plus y en el 10 de los datos tienen una diferencia +/- 2130m cuaderno blanco de 56g.

Longitud Máquina (2) – Longitud Real:

En el 90 % de los 10 datos la longitud de máquina del contador # 2 son mayores a la longitud real

El 10 % de los datos tiene igualdad de longitud de máquina respecto a la del laboratorio. Su clase de papel es Offset A/B 90g plus.

Longitud Máquina (1) - Longitud Etiqueta:

En el 60 % de los datos tienen mayor longitud en la etiqueta respecto a la longitud que muestra el primer contador.

En el 40 % de los datos la longitud de la máquina es mayor a la longitud de la etiqueta.

Longitud Máquina (2) - Longitud Etiqueta:

El 50 % de los datos tienen mayor longitud en la etiqueta respecto a la longitud que muestra el segundo contador.

El 40 % de los datos muestran que la longitud de la máquina es mayor a la longitud de la etiqueta.

El 10 % de los datos tiene igualdad de longitud tanto en la máquina como en la etiqueta.

➤ **WINDER 3 (% Error)**

En el 10 % de los dato hay una diferencia de error +/- del 10% entre la longitud etiqueta – longitud real de un papel Offset A/B 90g plus y en el 40 % de los datos la longitud etiqueta es mayor a las demás longitudes.

En el 40 % de los datos tienen una longitud menor en la etiqueta a la longitud real donde 2 de ellos son de un papel Offset A/B 90g plus y el 20 % de cuaderno blanco de 50g.

➤ **Observaciones Winder tres.** En la mesa de operaciones de la máquina 3 hay dos display los cuales me están marcando la longitud de los rollos; entre ellos hay una diferencia de (+/- 250 m), siendo el mismo metraje embobinado por set.

Los operarios asumen el ancho de cada rollo en el momento de sacar la orden de producción de los rollos partiendo de la longitud inicial del Reel y descontando el refile que se hace.

Aquí algunos operarios generan primero las etiquetas, mientras la winder esta embobinando los rollos, ellos asumen cálculos antes de salir la producción.

Cuando los rollos requieren por ciertos defectos que les quiten sabanas no se actualiza la información en el sistema y en la etiqueta.

Trabajan con el método relación (Diámetro – longitud).

Mantienen con acumulación en la marcación de los rollos, por eso los operarios justifican la forma que ellos elaboran las etiquetas, en algunos de los casos.

El medidor de longitud se encuentra en buen estado.

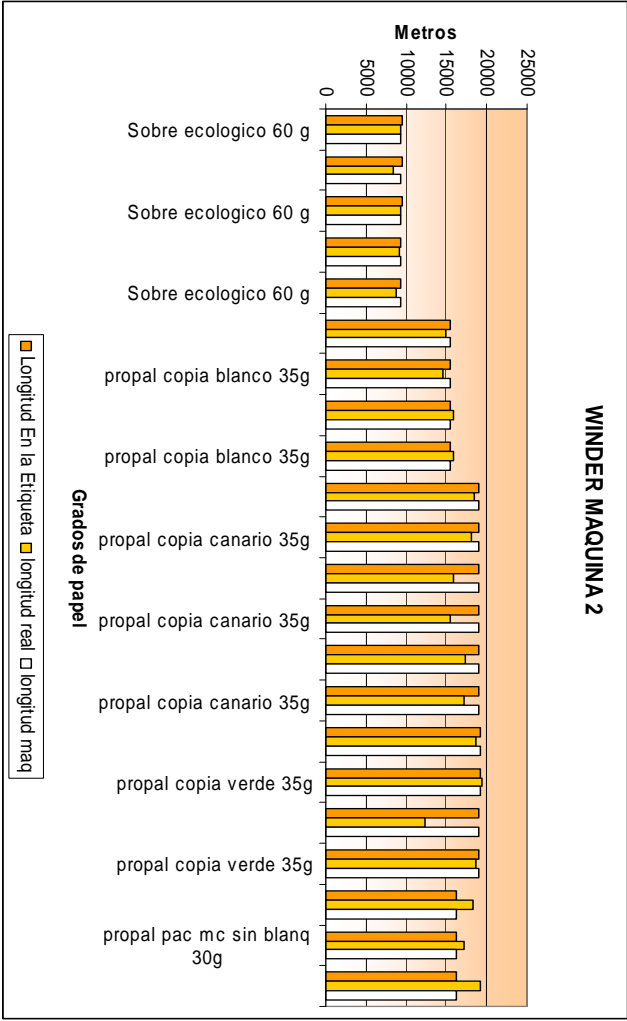
En la winder de la máquina 3 en algunas ocasiones el operador ingresa como valor de longitud la mitad de la longitud del Reel inicial.

10.3 WINDER MÁQUINA 2

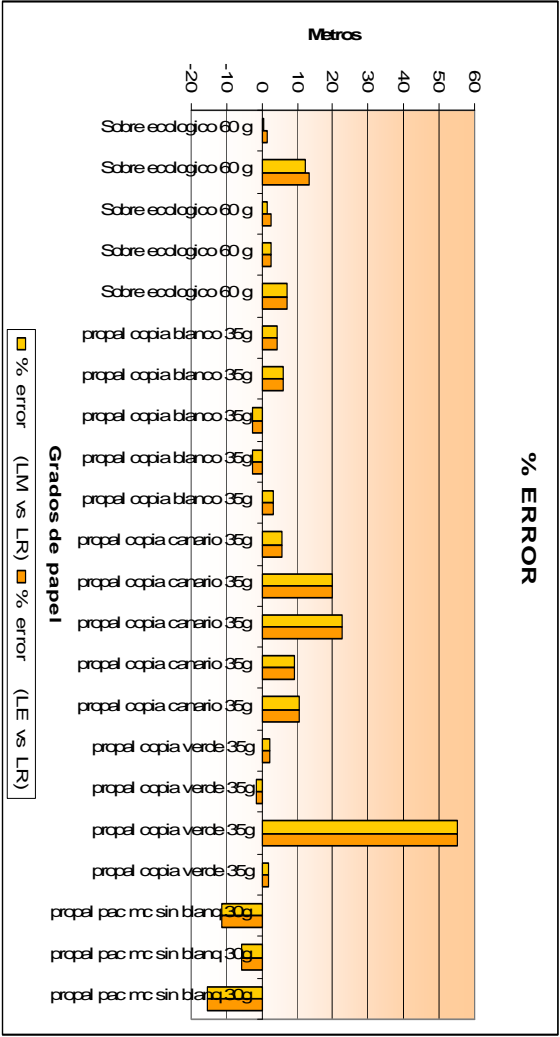
Tabla 3. Datos Winder Máquina 2.

Grado Papel	Longitud En la Etiqueta	longitud real	longitud maq	% error (LM vs LR)	% error (LE vs LR)
Sobre ecológico 60 g	9500	9359,9	9400,0	0,4	1,5
Sobre ecológico 60 g	9500	8378,0	9400,0	12,2	13,4
Sobre ecológico 60 g	9500	9267,2	9400,0	1,4	2,5
Sobre ecológico 60 g	9400	9172,4	9400,0	2,5	2,5
Sobre ecológico 60 g	9400	8795,0	9400,0	6,9	6,9
PROPAL copia blanco 35g	15500	14873,4	15500,0	4,2	4,2
PROPAL copia blanco 35g	15500	14638,5	15500,0	5,9	5,9
PROPAL copia blanco 35g	15500	15942,2	15500,0	-2,8	-2,8
PROPAL copia blanco 35g	15500	15906,1	15500,0	-2,6	-2,6
PROPAL copia blanco 35g	19000	18392,5	19000,0	3,3	3,3
PROPAL copia canario 35g	19000	18006,2	19000,0	5,5	5,5
PROPAL copia canario 35g	19000	15836,4	19000,0	20,0	20,0
PROPAL copia canario 35g	19000	15492,9	19000,0	22,6	22,6
PROPAL copia canario 35g	19000	17415,8	19000,0	9,1	9,1
PROPAL copia canario 35g	19000	17178,1	19000,0	10,6	10,6
PROPAL copia verde 35g	19125	18730,4	19125,0	2,1	2,1
PROPAL copia verde 35g	19125	19434,7	19125,0	-1,6	-1,6
PROPAL copia verde 35g	19000	12259,2	19000,0	55,0	55,0
PROPAL copia verde 35g	19000	18644,0	19000,0	1,9	1,9
PROPAL pac mc sin blanq 30g	16150	18234,6	16150,0	-11,4	-11,4
PROPAL pac mc sin blanq 30g	16150	17128,6	16150,0	-5,7	-5,7
PROPAL pac mc sin blanq 30g	16200	19196,3	16200,0	-15,6	-15,6

Gráfica 5. Comparación longitudes Winder 2.



Gráfica 6. Error winder 2.



➤ Resultados Winder Dos

- Longitud Etiqueta – Longitud Real:

El 73 % de los datos tienen una longitud etiqueta mayor a la longitud real.

El 27 % de los datos que tienen la longitud real mayor a la longitud etiqueta.

- Longitud Máquina – Longitud Real:

El 59 % de los datos la longitud máquina son mayores a la longitud real.

En el 27.3% de los datos la longitud real son mayores a la longitud que da la máquina.

En el 13.6 % de los datos tienen igual longitud real y longitud máquina.

- Longitud Máquina (1) - Longitud Etiqueta:

todos los datos tienen la longitud máquina igual a la longitud etiqueta.

➤ **Winder 2 (% Error).** En el 22.7% de los datos tienen un % error negativo igual en longitud máquina-longitud real y longitud etiqueta-longitud real.

El 59 % de los datos tienen un % error positivo igual en longitud máquina-longitud real y longitud etiqueta-longitud real.

El 4.5 % de los datos tiene una pequeña diferencia en que es mayor el % error de la longitud etiqueta-longitud real al % error longitud máquina-longitud real.

➤ **Observaciones Winder Dos.** En esta máquina no hay display.

Aquí los operarios son los encargados del dato de la longitud, ellos conocen la longitud del Reel entonces calculan cuantos sets salen de el. Dividen la longitud del Reel entre el numero de sets y de allí sale la longitud de los rollos.

Lo mismo ocurre con el ancho de los rollos, es puro cálculo por parte del operario.

La mayoría de etiquetas generadas en varios sets y de diferente Reel tienen igualdad en el valor de los datos.

La información de las etiquetas es la misma del sistema optivision.

El medidor de longitud esta dañado.

14.4 Resultados Jagenberg

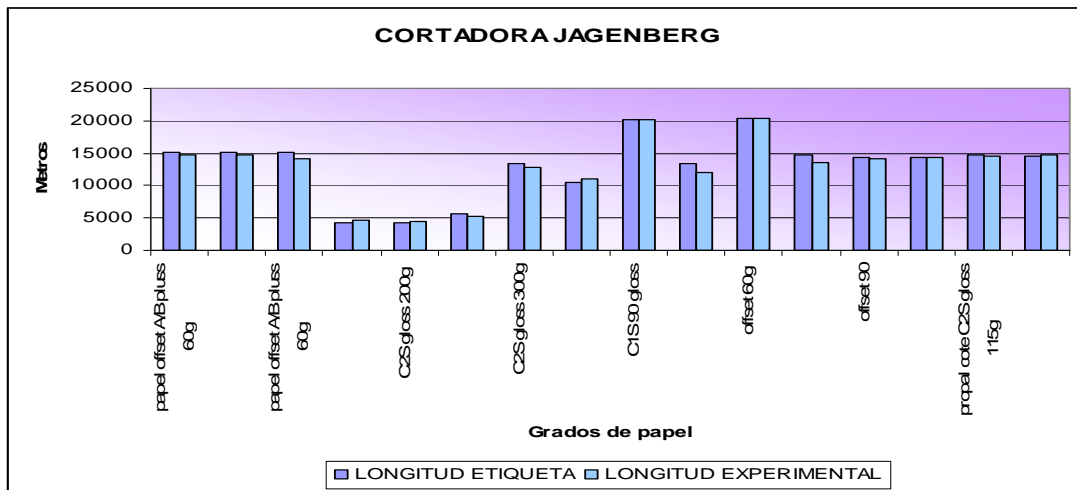
10.4 CORTADORA JAGUEMBERG

Tabla 4. Datos Cortadora Jagenberg

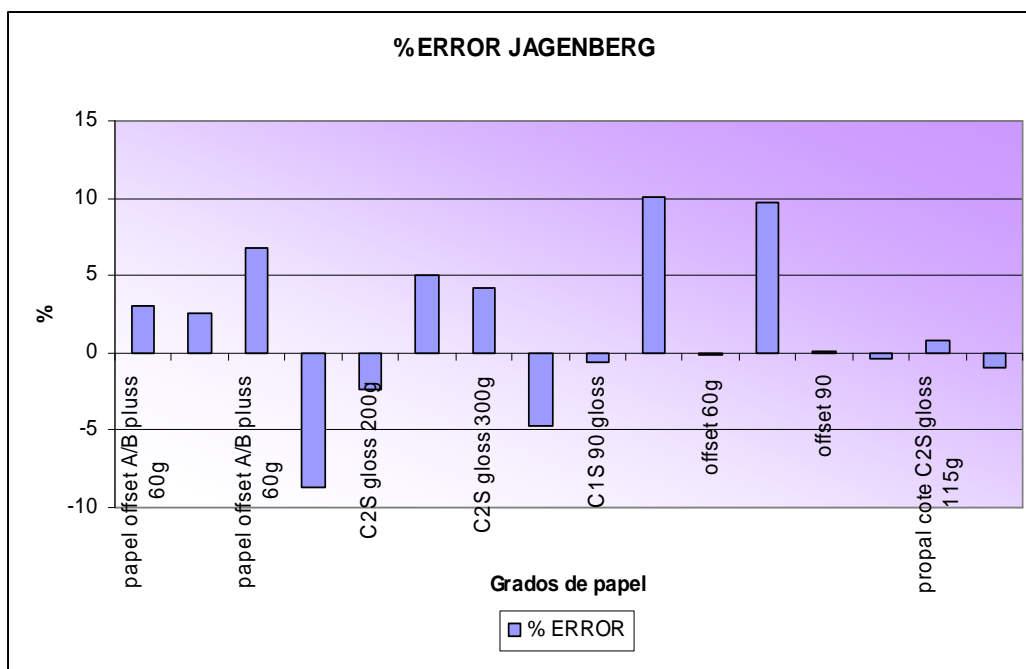
CORTADORA JAGENBERG			
LONGITUD ETIQUETA	LONGITUD EXPERIMENTAL	DIFERENCIA LONGITUDINAL	% ERROR
15200	14755,89919	444,1008065	3,00964923
15200	14823,665	376,335	2,53874466
15200	14234,52438	965,4756232	6,78263353
4330	4744,5	-414,5	-8,73648
4331	4436,333333	-105,3333333	-2,37433318
5585	5317	268	5,04043633
13296	12761,1568	534,8432038	4,19118114
10550	11066,669	-516,6689954	-4,66869459
20088	20223,1336	-135,1336003	-0,66821263
13287	12068	1219	10,1010938
20387	20412,11016	-25,11016043	-0,1230159
14800	13489,39095	1310,609046	9,71585045
14248	14238,72911	9,270887907	0,06511061
14248	14301,08869	-53,08869286	-0,37122138
14681	14569,5	111,5	0,76529768
14600	14743,7	-143,7	-0,97465351

En promedio la diferencia entre la longitud de la etiqueta y la real es de 1.5%, con un máximo de 10,1%.

Gráfica 7. Comparación longitud en la cortadora.



Gráfica 8. Error en la cortadora.



➤ **Observaciones Cortadora Jagenberg.** Aquí los rollos llegan con una longitud que viene de la winder y es la que toman para llenar la planilla de sets que salen de cada montaje.

Las sabanas iniciales que se le retiran a los rollos para su montaje depende de la calidad que presenten, unos necesitan que les retiren mas sabanas que otros.

Hay casos donde al rollo se le sacan las sabanas iniciales normal, pero presentan problemas en cualquier momento del proceso puede ser por (corrugas, golpes, picadura) y es necesario parar la máquina y seguir retirando sabanas.

Cuando se presentan rollos con esos problemas en medio del proceso a parte de tener que retirar sabanas; también hay que botar unas hojas a la canastilla hasta igualar la calidad de las resmas. En caso de seguir con problemas los rollos lo sacan del montaje.

Sacan producción por estibas y en el display se van contando el numero de hojas por resmas y numero de resmas, el maquinista programa el numero de hojas por resma dependiendo del pedido del cliente y clase del papel que puede ser (250 – 500 hojas por resmas).

Cuando a la máquina se le van mas hojas de las solicitadas el operario lo que hace es que va completando para el siguiente set.

Los operarios tienen mucho descuadres con la longitud de la etiqueta y la producción que tienen que sacar.

Se presentan problemas mas frecuentes con los papeles de gramaje más altos y de poco diámetro.

La producción del turno depende mucho del grado del papel, calidad del rollo, velocidad de la cortadora.

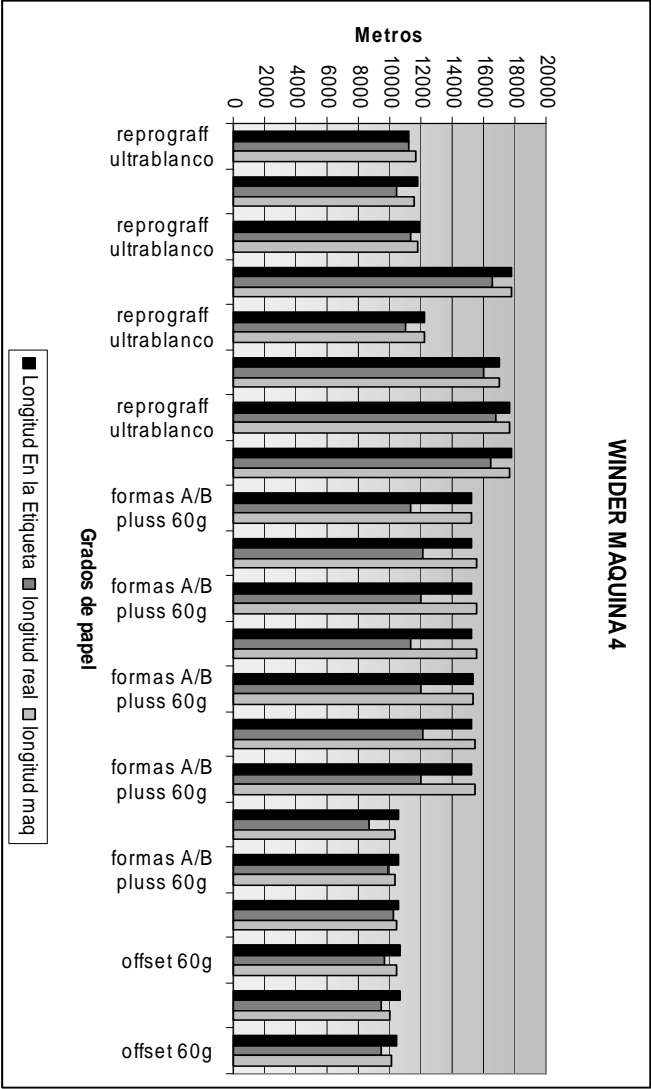
10.5 WINDER MÁQUINA 4

Tabla 5. Datos Winder Máquina 4.

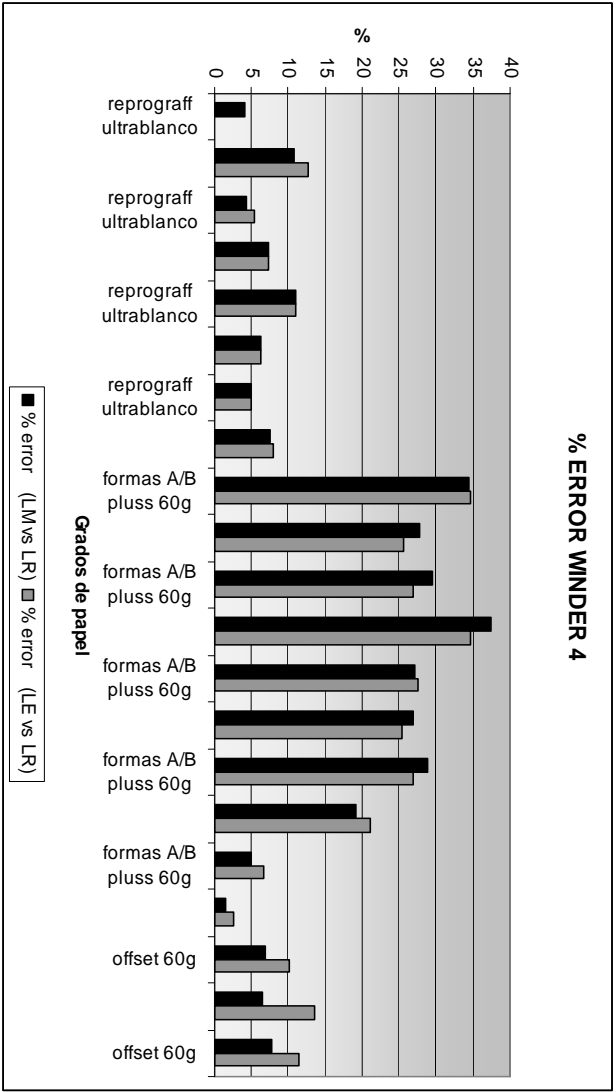
Longitud En la Etiqueta	longitud real	longitud maq	% error (LM vs LR)	% error (LE vs LR)
11220	11211,08	11671	4,10	0,08
11800	10476,21	11611	10,83	12,64
11900	11301,01	11799	4,41	5,30

17800	16595,72	17800	7,26	7,26
12200	10992,27	12200	10,99	10,99
17048	16033,11	17048	6,33	6,33
17666	16824,31	17666	5,00	5,00
17764	16444,52	17666	7,43	8,02
15250	11328,28	15237	34,50	34,62
15237	12129,94	15508	27,85	25,61
15237	11999,93	15545	29,54	26,98
15237	11310,92	15545	37,43	34,71
15350	12027,96	15279	27,03	27,62
15237	12155,45	15426	26,91	25,35
15250	12011,89	15475	28,83	26,96
10550	8710,369	10381	19,18	21,12
10550	9900,15	10383	4,88	6,56
10550	10275,28	10423	1,44	2,67
10700	9718,074	10391	6,92	10,10
10700	9424,868	10038	6,51	13,53
10500	9429,964	10163	7,77	11,35

Gráfica 9. Comparación longitud Winder máquina 4.



Gráfica 10. Error Winder máquina 4.



➤ **Resultados Winder Cuatro**

➤ **Winder Máquina**

Longitud Etiqueta – Longitud Real:

En el 95 % de los datos tienen la longitud mas alta en la etiqueta a la que nos da la máquina.

El 5 % de los datos con igualdad de longitud.

Longitud Máquina – Longitud Real:

La longitud de la máquina es mayor en todos los datos a la longitud real.

En los datos de papel Formas A/B plus 60g hay mas diferencia en esta relación que con el papel reprogaf 75g.

Longitud Máquina - Longitud Etiqueta

En el 52.3 % de los datos de la longitud etiqueta tienen una diferencia de +/- 200m de mas comparada con la longitud de la máquina.

En el 28.5 % de los datos la longitud máquina tienen una diferencia de (+/- 200m – 500m) de mas comparada con la longitud de la etiqueta.

El 19 % de los datos tienen igualdad en la longitud máquina – longitud etiqueta.

➤ **Winder Máquina 4 (% Error)**

En el 28.5 % de los datos tienen mayor % de error longitud máquina- longitud real, respeto a longitud etiqueta- longitud real.

En el 52.3 % de los datos tienen mayor % de error longitud etiqueta- longitud real respeto longitud máquina- longitud real.

En el 19 % de los datos tienen igual % de error longitud etiqueta- longitud real- respeto longitud máquina- longitud real. Estos datos son de papel reprograff ultra blanco de 75g.

➤ **Observaciones Winder Cuatro.** En la mesa de operaciones tiene un display que marca los metros de cada set y de los últimos cuatro set que hayan salido.

La longitud que marca el display en algunos casos no es la misma que el operario coloca en la planilla y en la etiqueta.

Hay diferencia en los datos ancho, longitud, peso. Respeto a la que es y a la que el operario coloca en la etiqueta.

Aunque ya se implemento la operación de pesar cada rollo y ese peso colocarlo en la etiqueta, a veces se genera la etiqueta sin pesar el rollo.

La longitud de la etiqueta es la misma que esta en sistema optivision.

El medidor de longitud se encuentra en buen estado.

Los rollos siguen una línea de proceso de la winder a la wrapper (máquina encargada de envolver los rollos) en donde lo normal es el aumento de 3 kilos por cada al rollo del peso de la winder, pero hay casos en donde no coinciden los pesos de la etiqueta con los que dan en wrapper.

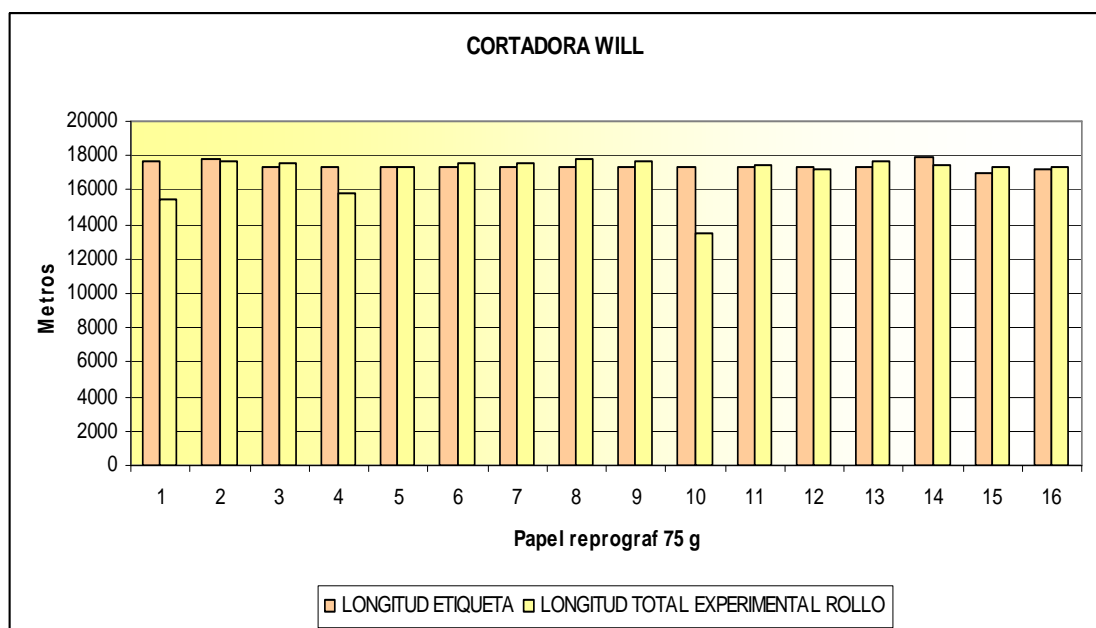
10.6 CORTADORA WILL

Tabla 6. Datos cortadora will.

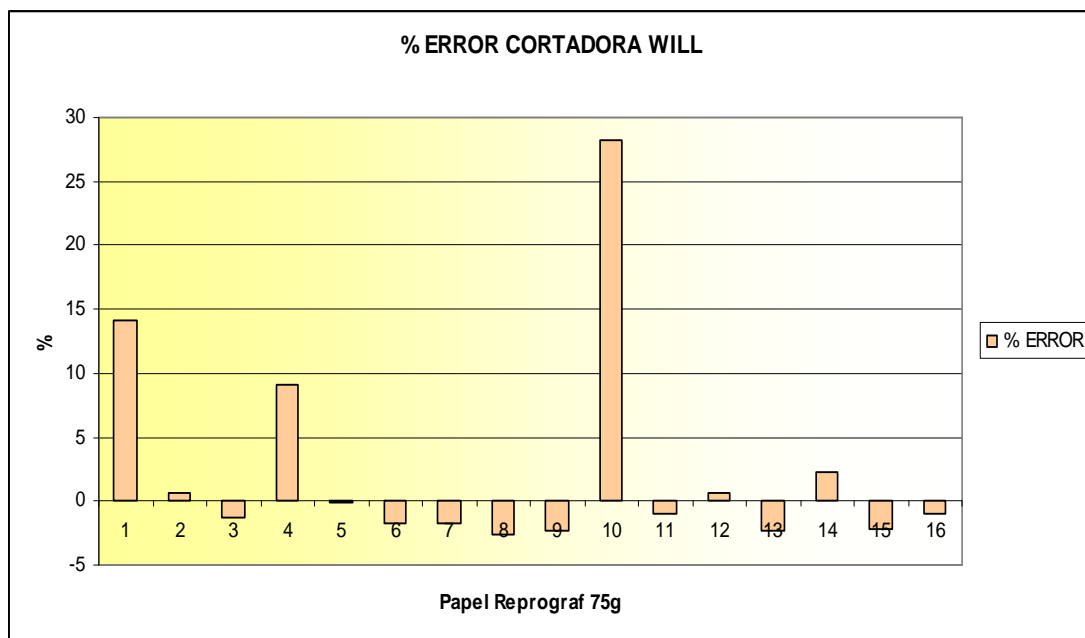
CORTADORA WILL			
LONGITUD ETIQUETA	LONGITUD TOTAL EXPERIMENTAL ROLLO	DIFERENCIA CONVERSION - LONGITUD ROLLO	% ERROR
17800	17698	102	0,57
17288	17514	-226	-1,29
17288	15849	1439	9,08
17287	17305	-18	-0,10
17288	17594	-306	-1,74
17288	17583	-295	-1,68

17288	17754	-466	-2,63
17288	17691	-403	-2,28
17288	13486	3802	28,19
17288	17470	-182	-1,04
17300	17195	105	0,61
17287	17696	-409	-2,31
17856	17452	404	2,31
16964	17334	-370	-2,14
17166	17341	-175	-1,01

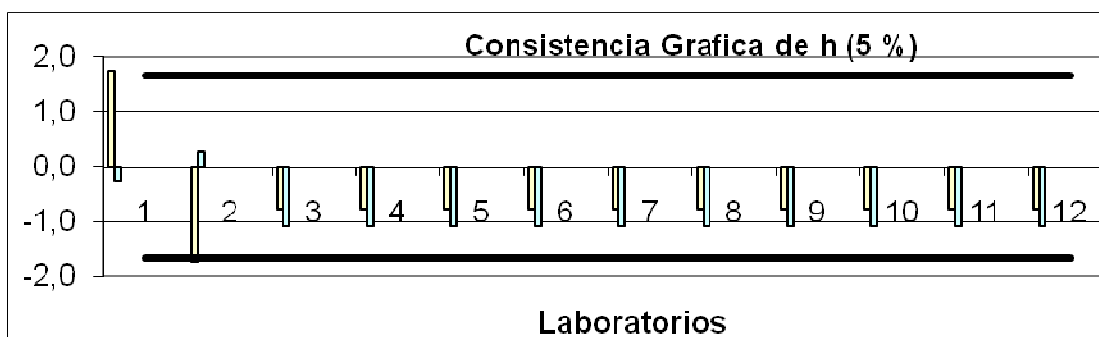
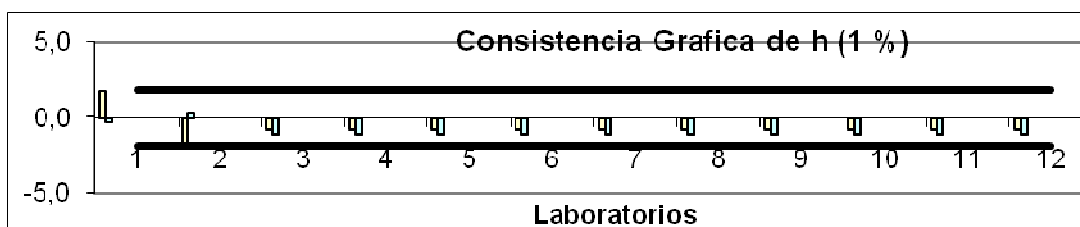
Gráfica 11. Comparación longitud cortadora will.



Gráfica 12. Error cortadora will.



Gráfica 13. Justificación de selección del método.



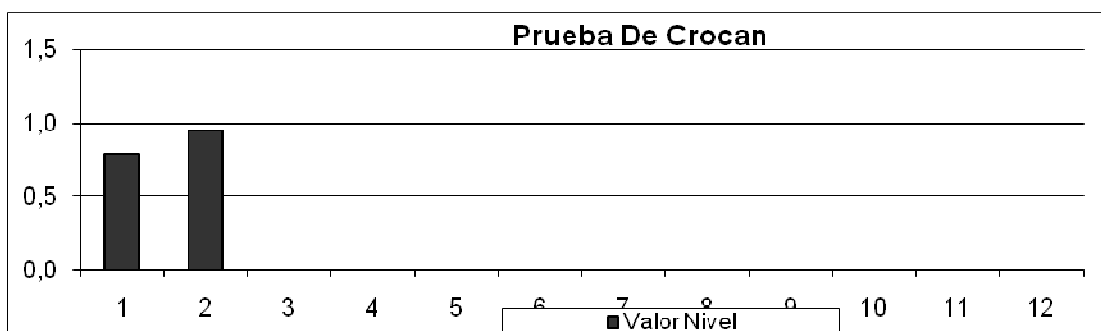
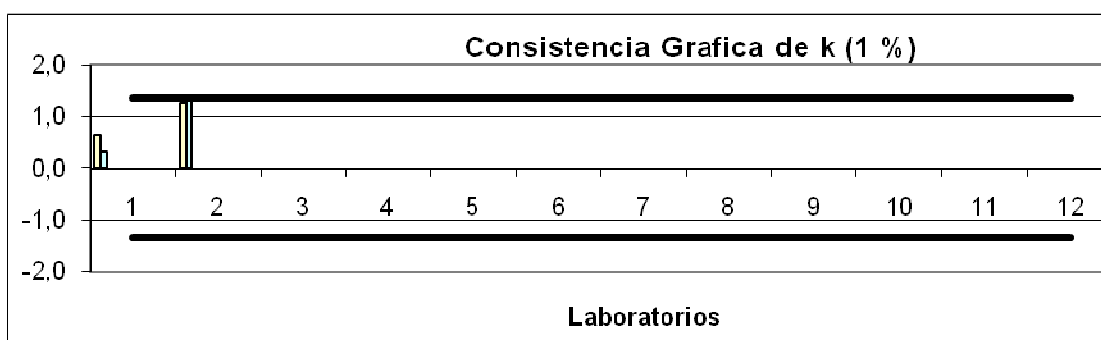
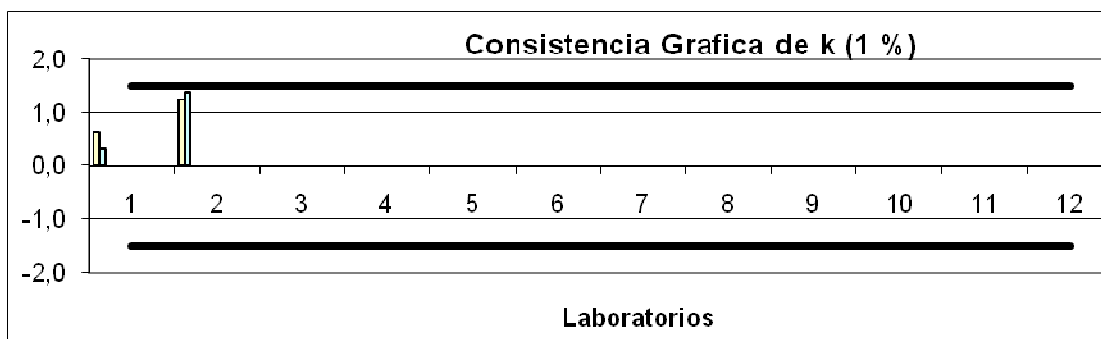


Tabla 7. Análisis de Datos de la selección del método.

Niveles	Pesado Rollo Winder	Cortadora
SI ²	8,20179	0,73570
Srj ²	14,56998	17,28045
SRj ²	22,77177	18,01614
SI	2,863876733	0,857726687
Srj (Repetitividad)	2,817064188	4,156975954
SRj (reproducibilidad)	3,771977468	5,244542867
mj	1,423514286	2,681788256

	Peso en la Winder	Balance cortadoras	Valoración con relación Pesado Winder
Repetibilidad	2,81	4,1	El valor obtenido es 33 % menor que el otro método
Reproducibilidad	3,7	5,2	El valor obtenido es 29 % menor que el otro método
Tiempo de ejecución	30 minutos	180 minutos	Es 84 % menor
Complejidad	Sencillo	Muy Complejo	

- Para la selección del mejor método se utilizó una herramienta estadística llamada mini tab, que se encarga de la selección de datos y arroja resultados para implantación según calificación de error porcentual bajo las especificaciones y parámetros de repetibilidad y reproducibilidad.
- Repetibilidad: regula en que tan parecido son los datos, cuando se aplica el método en una misma máquina, con un mismo grado de papel, la misma persona y velocidad de máquina.
- Reproducibilidad: trata en que tan parecidos son los datos cuando se cambia de máquina, operario, grado de papel y velocidad.
- Los datos que se ingresaron a la herramienta para este caso, fueron datos de longitud de un período de cinco meses y bajos los conceptos explicados dio como resultado que el mejor método para verificación de longitud es el método de pesado en la winder.

11. PROCEDIMIENTO PARA DETERMINACION DE LONGITUD POR EL MÉTODO DE PESADO EN LAS WINDER.

Colocar el reel sobre los brazos de la winder, pasar la cola del papel por los rodillos conductores, disponer los core sobre el área de embobinado, colocar la cinta adhesiva de doble cara, pegar el papel, llevar a cero el medidor de longitud e iniciar el proceso de corte y embobinado del papel de acuerdo a la orden de producción.

Tan pronto los rollos alcancen el diámetro establecido en la orden de producción, para el proceso de embobinado, bajar los rollos, retirar las sabanas defectuosas en cada rollo, llevar a la báscula, medir el ancho, diámetro, registrar los datos en el sistema, generar la etiqueta y colocarla en el interior del core de rollo.

Cuando se realice el seguimiento, se deben tomar la longitud del rollo en el indicador de la máquina, medir la longitud de las sabanas, anotar el peso inicial del rollo en la báscula, colocar pesos de 100 g hasta lograr incrementar en un Kg el peso registrado en la báscula, reportar el ancho y diámetro del rollo. Tomar muestra de papel del rollo (mínimo 5 hojas) llevar al laboratorio para determinación del peso básico (con ayuda de un templete cortar 10 muestras y pesar).

Tomar un core de igual longitud al empleado en el rollo evaluado, llevar a laboratorio y pesar.

Ingreso de datos en la hoja de cálculo:

Longitud del rollo (ver display del equipo); L, se reporta en m.

Longitud de la sabanas; Ls, se reporta en m.

Peso Inicial de rollo en la báscula; W0, se reporta en Kg.

No de incrementos de 100 g; Ni; no tiene unidades.

Ancho del Rollo; A, se reporta en m.

Diámetro de rollo; D, se reporta en m.

Peso Básico; Pb, se reporta en g/m^2 .

Peso del core; Pc, se reporta en m.

LE(Longitud determinada experimental):
$$\frac{1000 \times (W_0 - 0.5 + 0.1 \times N_i) - P_c}{A \times P_b} - L_s$$

Calcular el error absoluto en la determinación:

Error : L- LE.

Calcular el error relativo:

%Error : $(L - LE) \times 100 / LE$.

Reportar el valor del error en el sistema integrado SAP, si el error es menor al establecido, colocar etiqueta de aprobado metrologico, de lo contrario rechazar y gestionar la respectiva anomalía para resolver la situación.

12. CONCLUSIONES

-El Método de Rebobinado no se implemento, porque en el análisis preliminar se detecto alta variación ya que no fue posible lograr que el tacómetro se fijara al papel o a los rodillos en la máquina rewinder, así mismo se observaron posibles riesgos, debido a que esta máquina trabaja a altas velocidades, posee rodillos que pueden atrapar al operador. Este método se debe profundizar mas y buscar instalar los tacómetros sobre un brazo mecánico que pueda garantizar el adecuado contacto del tacómetro con el papel y minimizar los riesgos para los operadores.

-El Método de balance en las cortadoras, es complejo, se deben considerar muchas variables (pérdidas, sabanas, colas), también exige alta dedicación de tiempo, es compleja la cuantificación de las colas del rollo, las perdidas de pliego imperfectos y sabanas, exige alta dedicación completa del operador, no todos los grados de papel de las distintas máquinas son cortados en esta máquina.

-El método de pesado del rollo es rápido, sencillo pero exige que la balanza sea confiable (se calibre o verifique metrologicamente), de igual manera la determinación del peso básico en la muestra tomada se debe hacer con cuidado debido a que un pequeño error en este, puede conducir a grandes errores en los resultados finales, también se debe garantizar que el peso básico en el rollo sea homogéneo.

-Los operadores no tienen confianza en los equipos instalados y por ello calculan la longitud por el método antiguo (a partir de la densidad del papel, ancho y diámetro).se conoce que la densidad del rollo es una variable con alta dispersión y muchos factores que la afectan (la tensión del embobinado en la winder, el peso básico y el calibre.

-se investigo en varias empresas como: convertidora de papeles del cauca, cartón de Colombia, colombiana de empaques, dispapeles y el método empleado es el del peso de rollo en la winder, generalmente estos métodos son similares en todas las empresas de la industria papelera.

-Los medidores de longitud instalados en PROPAL, son adecuados gracias a que presentan una alta confiabilidad, fácil instalación, mantenimiento y asistencia técnica por parte de los proveedores.

- es muy importante la implementación confiable de la medición de longitud, debido a que los clientes exigen que esta información este registrada en la etiqueta de información del rollo y se convierte en una información importante para la evaluación de rendimientos de los procesos del cliente.

- El contar con un método adecuado para la medición de longitud en la winder permite establecer un mejor control en las pérdidas y reprocesos.

13. RECOMENDACIONES

- Colocar sistema de captura automática de datos del medidor de longitud al sistema integrado, con ello se evita errores en la digitación.
- Realizar la verificación de los medidores de longitud en línea por el método de “Pesaje en las Winder”, Para ello cuando se realice esta actividad se debe hacer la verificación de la báscula con las pesas patrón, dar el tiempo al operador para realizar los pesos incrementales.
- Realizar mantenimiento preventivo de los medidores de longitud, verificar los encoder con las lámparas estroboscópicas calibradas.
- Realizar seguimiento a los reclamos de clientes por diferencias de longitudes.
- Establecer como oficial la longitud tomada a partir de los medidores de longitud en línea, es decir capacitar, concientizar a las personas involucradas en el proceso.
- Incluir los medidores de longitud como equipos críticos en el plan de metrología con una frecuencia de verificación mensual.

BIBLIOGRAFÍA

ALDAMA, Miguel. Longitud y NVP [en línea]: Connecticut, USA: Siemon Company Drive Watertown, 2008. [Consultado 05 de Julio de 2006]. Disponible en Internet: http://www.siemon.com/la/white_papers/SD-03-01-NVP.asp

Encoder [en línea]: Madrid: **Elcis** Company 2002. [Consultado 05 de Julio de 2008]. Disponible en Internet: <http://www.elcis.com/spagnolo/generalita/generalitacentro.html>

ENTREVISTA con Jorge Charry, Jefe de Metrología. Santiago de Cali, Mayo de 2008.

ENTREVISTA con Carlos Arce, Profesional en Metrología. Santiago de Cali, Abril de 2008.

FERER, danilo. Reconversión tecnológica plana. En: MARIPAPEL, (Oct. 2005). p. 9 - 13

Fichas Técnicas de producto, publicación PROPAL. Santiago de Cali. 2001.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. GTC 95 guía técnica de procedimientos estadísticos para uso en el desarrollo y aplicación de métodos de ensayo.. Santa fe de Bogota, D.C.: ICONTEC, 2002.

_____. Norma técnica de exactitud (veracidad y precisión) de los métodos y resultados de las mediciones. Parte 3. Mediciones intermedias de la precisión de un método normalizado de medición. Santa fe de Bogota, D.C.: ICONTEC, 1999. p. 62. NTC 3529-3.

_____. Normas colombianas para la presentación de trabajos de investigación. Segunda actualización. Santa fe de Bogota, D.C.: ICONTEC, 2002. p. 24. NTC 1486

Medición de longitud y velocidad [en línea]. Buenos Aires: OpenDNS, 2008. [Consultado 15 de Marzo de 2008]. Disponible en Internet: www.silgen.com.ar.

Metrología [en línea]. Bogota D.C.: Universidad Nacional de Colombia, 2005. [Consultado 02 de Abril de 2008]. Disponible en Internet: <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/medellin/q1060/lecciones/cap1/metrologia.htm>

Metrología [en línea]. Bogotá D.C.: Superintendencia de Industria y Comercio (SIC), 2008. [Consultado 08 de Marzo de 2008]. Disponible en Internet: <http://www.sic.gov.co/pdf/Circular%20unica/Titulo%20VI%20Metrologia%20.pdf>

RAMOS, Henry. Convirtiendo el pasado. En: MARIPAPEL, (mar. 2002), p. 18 -22.

Rendimientos en convertidores de resmillas En: Asociación Colombiana de Técnicos de la Industria de Pulpa, Papel y Cartón. ACOTEPAC. (Ene. – Jun. 2006). p. 10 – 20.

Sistema de Gestión de la Calidad [en línea]. Requisitos para sistemas de gestión de calidad versión 2000. Madrid: ministerio de fomento gobierno de España. 2005. [Consultado 02 de Abril de 2008]. Disponible en Internet: <http://www.fomento.es/NR/rdonlyres/30E622FC-95A4-428C-BA6C-54DB2AD33E6F/19523/CaptuloIRequisitosISO9001.pdf:2000>

Sobres, Todo Un Mundo [en línea]. Madrid: Industria Internacional del Sobre (TOMPLA), 2008. [Consultado 02 de Abril de 2008]. Disponible en Internet: <http://www.tompla.com/lengua/index.php>

Wikipedia: la enciclopedia libre [en línea].]. Florida: Wikimedia Foundation, 2008. (SIC), 2008. [Consultado 16 de Marzo de 2008]. Disponible en Internet: <http://es.wikipedia.org/wiki/Portada>